

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

---

**Efecto de la temperatura de horneado y tratamiento térmico sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general en conserva de pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L.) tipo artesano**

---

**Área de investigación:**

Tecnología de alimentos

**Autora:**

Br. Bermudez Lavado, Melissa Lucia

**Jurado evaluador:**

**Presidente:** Rodríguez Avalos, Fernando

**Secretario:** Vásquez Senador, Max Martín

**Vocal:** Pretell Vásquez, Carla Consuelo

**Asesor:**

Márquez Villacorta, Luis Francisco

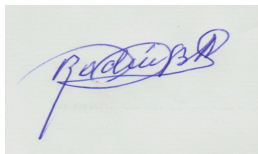
**Código orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-4070-788X>

**TRUJILLO,**

**PERÚ 2021**

**Fecha de sustentación: 2020/12/03**

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



---

Ing. Dr. Rodríguez Avalos, Fernando


PRESIDENTE



---

Ing. M.Sc. Vázquez Senador, Max Martín

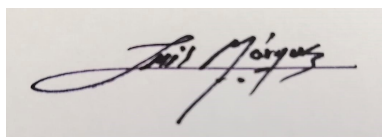
SECRETARIO



---

Ing. Dr. Pretell Vázquez, Carla Consuelo

VOCAL



---

Ing. M.Sc. Márquez Villacorta, Luis Francisco

ASESOR

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis a mi madre Maria y a mis tíos Jose y Felicita por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

A mi novio Sthiberson, ya que en el camino lo encontré e iluminó mi vida, con su apoyo alcancé de mejor manera mis metas, a través de sus consejos, de su amor y paciencia me ayudo a concluir esta meta.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

Y por supuesto a la Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

## INDICE GENERAL

Pág.

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	4
2.1. Pimiento piquillo.....	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.1.2. Composición química y nutricional del pimiento piquillo.....	5
2.1.3. Producción nacional del pimiento piquillo.....	6
2.1.4. Proceso de la conserva de pimiento piquillo.....	6
2.2. Tratamiento térmico de los alimentos.....	8
2.2.1. Generalidades.....	8
2.2.2. Pasteurización.....	9
2.2.3. Esterilización.....	10
2.3. Termorresistencia microbiana.....	10
2.4. <i>Clostridium botulinum</i> .....	11
2.5. Transferencia de calor en productos envasados.....	12
2.5.1. Valor D.....	12
2.5.2. Valor Z.....	13
2.5.3. Valor L o letalidad.....	14
2.5.4. Valor F <sub>0</sub> .....	14
2.5.5. Unidades de pasteurización.....	14

III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1. Lugar de ejecución .....	17
3.2. Materiales.....	17
3.3. Equipos e instrumentos .....	17
3.4. Metodología.....	18
3.4.1. Esquema experimental para la investigación de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	18
3.4.2. Procedimiento experimental para la elaboración de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	19
3.5. Métodos de análisis.....	22
3.5.1. Color .....	22
3.5.2. Firmeza.....	22
3.5.3. Vitamina C .....	23
3.5.4. Contenido de fenoles .....	23
3.5.5. Aceptabilidad general .....	23
3.6. Métodos estadísticos.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre el color en conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	26
4.2. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre la firmeza en conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	36
4.3. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre la vitamina C en conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	39
4.4. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre el contenido de fenoles en conserva de pimiento piquillo tipo artesano.....	43
4.5. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre la aceptabilidad general en conserva de pimiento piquillo tipo artesano.....	46

V. CONCLUSIONES.....	49
VI. RECOMENDACIONES .....	50
VII. REFERENCIAS .....	51
VIII. ANEXOS.....	59

## ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Composición química y nutricional del pimiento piquillo .....	5
Cuadro 2. Temperatura aproximada de proliferación óptima y valores D de algunos microorganismos .....	13
Cuadro 3. Prueba de Levene para el color ( $L^*$ , $a^*$ y $b^*$ ) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	28
Cuadro 4. Análisis de varianza de la luminosidad ( $L^*$ ) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	29
Cuadro 5. Prueba de Duncan para la luminosidad ( $L^*$ ) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	29
Cuadro 6. Análisis de varianza de la cromaticidad $a^*$ de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	32
Cuadro 7. Prueba de Duncan para la cromaticidad $a^*$ de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	32
Cuadro 8. Análisis de varianza de la cromaticidad $b^*$ de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	35
Cuadro 9. Prueba de Duncan para la cromaticidad $b^*$ de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	36
Cuadro 10. Prueba de Levene para la firmeza (N) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	38
Cuadro 11. Análisis de varianza de la firmeza (N) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	38
Cuadro 12. Prueba de Duncan para la firmeza (N) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	39
Cuadro 13. Prueba de Levene para la vitamina C (mg AA/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	41
Cuadro 14. Análisis de varianza de la vitamina C (mg AA/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	42
Cuadro 15. Prueba de Duncan para la vitamina C (mg AA/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	42



Cuadro 16. Prueba de Levene para el contenido de fenoles (mg AG/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.....	44
Cuadro 17. Análisis de varianza del contenido de fenoles (mg AG/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.....	45
Cuadro 18. Prueba de Duncan para el contenido de fenoles (mg AG/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.....	45
Cuadro 19. Prueba de Friedman de la aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	48
Cuadro 20. Prueba de Wilcoxon de la aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Esquema experimental para la investigación de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	19
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	21
Figura 3. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.....	25
Figura 4. Luminosidad ( $L^*$ ) en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	26
Figura 5. Cromaticidad $a^*$ en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	30
Figura 6. Cromaticidad $b^*$ en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	34
Figura 7. Firmeza (N) en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	37
Figura 8. Vitamina C (mg AA/100 g) en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	40
Figura 9. Contenido de fenoles (mg AG/100 g) en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	43
Figura 10. Aceptabilidad general en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano .....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Valores de la luminosidad ( $L^*$ ) del pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico.....	60
Anexo 2. Valores de la cromaticidad $a^*$ del pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico.....	61
Anexo 3. Valores de la cromaticidad $b^*$ del pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico.....	62
Anexo 4. Valores de la firmeza (N) del pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico .....	63
Anexo 5. Valores de la vitamina C (mg AA/100 g) del pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico.....	63
Anexo 6. Valores del contenido de fenoles (mg AG/100 g) del pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico .....	63
Anexo 7. Calificaciones de la aceptabilidad general del pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico .....	64

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la temperatura de horneado (700, 750 y 800 °C) y el tratamiento térmico (95 °C durante 25 min y 100 °C durante 23 min) sobre el color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), firmeza, contenido de vitamina C, contenido de fenoles y aceptabilidad general en conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Se utilizó un diseño bifactorial con tres repeticiones para el análisis estadístico. En la evaluación sensorial se trabajó con 30 panelistas no entrenados y una escala hedónica de 9 puntos. La prueba de Levene demostró homogeneidad de varianza para cada variable paramétrica y el análisis de varianza indicó un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de la temperatura de horneado y de tratamiento térmico sobre el color, contenido de vitamina C, contenido de fenoles y aceptabilidad general, con excepción de la firmeza que sólo denotó efecto de la temperatura de horneado. Se determinó que el mejor tratamiento fue la temperatura de horneado a 700 °C y el proceso térmico a 95 °C durante 25 min, que permitió obtener las mejores características de color ( $L^*$  de 31.85 y cromaticidad  $b^*$  con 27.49), firmeza de 1.97 N, mayor contenido de vitamina C con 114.06 mg AA/100 g, mayor contenido de fenoles con 117.59 mg AG/100 g y la mayor aceptabilidad general con 8.1 puntos en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.

## ABSTRACT

The effect of baking temperature (700, 750 and 800 ° C) and heat treatment (95 ° C for 25 min and 100 ° C for 23 min) on color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), firmness, content vitamin C, phenol content and general acceptability of artisan-type piquillo pepper canned was evaluated. A bifactorial design with three replications for statistical analysis was used. In the sensory evaluation, 30 untrained panelists and a 9-point hedonic scale were used. Levene's test demonstrated homogeneity of variance for each parametric variable and the analysis of variance indicated a significant effect ( $p < 0.05$ ) on baking and heat treatment temperatures on color, vitamin C content, phenols content, and general acceptability, with the exception of firmness. With the exception of the firmness that only denotes the effect of the baking temperature. It was determined that the best treatment was the baking temperature at 700 ° C and the thermal process at 95 ° C for 25 min, which allowed obtaining the best color characteristics ( $L^*$  of 31.85 and chromaticity  $b^*$  with 27.49), firmness of 1.97 N, higher content of vitamin C with 114.06 mg AA / 100 g, higher content of phenols with 117.59 mg GA / 100 g and the highest general acceptability with 8.1 points in the canned piquillo pepper type artisan.

## I. INTRODUCCIÓN

La inactivación térmica es el procedimiento más empleado en la industria alimentaria para la conservación de alimentos. Se puede realizar de diferentes modalidades, como el enlatado y envasado en vidrio herméticamente cerrados y calentándolos para destruir y/o reducir la probabilidad de crecimiento de los microorganismos patógenos y causantes del deterioro del alimento (Sarungallo y otros, 2015).

Los alimentos de alta acidez (pH menor a 4.6 y actividad de agua mayor a 0.85) se pueden conservar a temperatura ambiente después de la pasteurización debido a que el ambiente ácido inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos o alterantes que puedan resistir el tratamiento térmico. Aquí, los procesos se basan en la inactivación de microorganismos vegetativos y sus esporas, como *Bacillus coagulans*, *Bacillus polymixa*, *Bacillus macerans*, así como, de anaerobios butíricos como *Clostridium butyricum* y *Clostridium pasteurianum*. Cuando el pH es inferior a 4.0, el tratamiento debe orientarse al control de las bacterias no esporuladas, levaduras y mohos, tomándose como referencia a un moho capaz de formar ascosporas termoresistentes, este es el *Byssochlamys fulva* (Aguilar y otros, 2015). Por otro lado, cuando el alimento es de baja acidez y el pH es mayor que 4.6 y una actividad de agua mayor que 0.85, es necesario un proceso de esterilización para eliminar las esporas de los microorganismos patógenos y alterantes, más termorresistentes. La esterilización comercial en los productos de baja acidez se basa en la reducción de la probabilidad de supervivencia de la espora de *Clostridium botulinum* en los diferentes productos envasados (Aguilar y otros, 2015).

Una de las actividades más importantes que involucra el establecimiento de un proceso térmico es la medición de las temperaturas del producto bajo las condiciones más críticas, que pueden ser esperadas en una producción

normal. Para los alimentos envasados existen dos etapas principales en la validación del proceso, siendo los estudios de distribución térmica para localizar la zona de calentamiento más lento en la autoclave y los estudios de penetración de calor para medir la temperatura en el punto frío del alimento (Martínez y otros, 2015).

Perú es uno de los principales exportadores de pimiento piquillo a la Unión Europea y a los EE.UU., con una velocidad de crecimiento anual del 12%. Y la principal zona nacional de producción es Lambayeque por tener la mayor productividad (23 t/ha). El valor comercial del pimentón depende básicamente dos factores, del rendimiento del cultivo y la cuantificación del contenido de pigmentos carotenoides, que es de gran interés para una conserva de dicho fruto. La conserva de pimiento es obtenida a partir de frutos *Capsicum Annuum*, estos son clasificados de acuerdo con el tamaño, manteniendo su forma original; siendo las agroindustrias, quienes han logrado un gran auge debido a los óptimos rendimientos y calidad obtenida en este producto reconocido a nivel mundial (Alfaro, 2018).

El pimiento en el 2017 el Perú paso del tercer lugar en la exportación de Pimiento Paprika, Piquillo y Morrón, en conjunto, incrementando su oferta exportable y siendo reconocido por la calidad en los procesos de producción y especialización de sus productores, enfocándose en la satisfacción de la demanda mundial y regional, con generación de valor y beneficios económicos para los agentes dentro de la cadena de valor, en un marco social y medioambiental. En dicho año las agroexportaciones peruanas llegaron a 156 países (Asociación de Exportadores, 2018).

Por todo lo expuesto, debido a la tendencia de obtención de productos nutritivos e inocuos en la cadena productiva agroindustrial, siendo el pimiento piquillo un producto de gran demanda en el mercado extranjero.

El problema planteado fue:

¿Cuál será el efecto de tres temperaturas de horneado (700, 750 y 800 °C) y dos tratamientos térmicos (95 °C/25 min y 100 °C/23 min) sobre el color, la firmeza, el contenido de vitamina C, contenido de fenoles y la aceptabilidad general de una conserva de pimiento piquillo (*Capsicum Annuum*) tipo artesano?

Los objetivos planteados fueron:

- Evaluar el efecto de la temperatura de horneado y el tratamiento térmico sobre el color, la firmeza, el contenido de vitamina C, contenido de fenoles y la aceptabilidad general en una conserva de pimiento piquillo tipo artesano.
  
- Determinar la temperatura de horneado y el tratamiento térmico que permita obtener las mejores características de color, firmeza, contenido de vitamina C, contenido de fenoles y la mayor aceptabilidad general en conserva de pimiento piquillo tipo artesano.



## REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

### 2.1. Pimiento piquillo

#### 2.1.1. Generalidades

El pimiento es originario de América del Sur, de la zona de Bolivia y Perú; cuyo nombre científico es *Capsicum annuum* de la familia solanáceas, que en el siglo XVI empezó a producirse en España, convirtiéndose en una de las primeras plantas introducidas al mercado europeo (Cachote, 2014).

El fruto es como una baya-vaina; en algunas variedades se hace curvo cuando se acerca a la madurez; el color verde de los frutos se debe a la alta cantidad de clorofila acumulada en las capas del pericarpio. Los frutos maduros toman color rojo o amarillo debido a los pigmentos licopercisina, xantofila y caroteno. En cuanto a su forma se pueden distinguir dos tipos: el pimiento tipo California, un fruto corto y ancho, cúbico, con tres o cuatro cascotes muy marcados, bastante carnosos; y el tipo Lamuyo, fruto muy carnoso, más largo que ancho (Lemos y Sousa, 2012).

Los principales compuestos responsables del color en este vegetal, son carotenoides (capsantina, neoxantina, violaxantina, zeaxantina, luteína,  $\beta$ -criptoxantina y  $\beta$ -caroteno). La mayoría de estos pigmentos se usan en la elaboración de alimentos, nutracéuticos y farmacéuticos, debido a sus aplicaciones potenciales como colorantes y dependiendo de su estructura molecular se convierten en fuente promisorias de provitamina A. También se caracterizan por presentar actividad antioxidante y conservante al eliminar los radicales de oxígeno y reducir el estrés oxidativo (Vertiz y Vertiz, 2012).

Existen tres presentaciones: fresco (pimiento entero), deshidratado (con o sin pepa, molida) y en conserva (piquillo). En el Perú, las

cosechas comerciales de pimientos se realizan en la zona costeña (Lambayeque, La Libertad y Arequipa) y la mayor producción se da mayormente en verano (Egusquiza, 2017).

### 2.1.2. Composición química y nutricional del pimiento piquillo

El pimiento posee bajo contenido calórico (140 kJ/100 g) y con un contenido de fibra (2.0%), adecuado para dietas. Se le atribuyen también propiedades antioxidantes y anticancerígenas por su contenido en vitamina C,  $\beta$ -carotenos y licopeno (Moreiras y otros, 2013). En el Cuadro 1, se presenta la composición química y nutricional del pimiento piquillo, presentando mayor contenido de humedad (89.6 g/100 g comestible) y menor grasa (0.5 g/100 g comestible).

Cuadro 1. Composición química y nutricional del pimiento piquillo

Componente	Cantidad (en 100 g)
Energía (kJ)	140.0
Humedad (g)	89.6
Proteína (g)	1.5
Grasa (g)	0.5
Carbohidrato (g)	7.7
Fibra (g)	2.0
Calcio (mg)	12.0
Fósforo (mg)	48.0
Vitamina A ( $\mu$ g)	30.5
Vitamina C (mg)	108.3
Retinol ( $\mu$ g)	125.0

Fuente: Tablas peruanas de composición de alimentos (2009)

### **2.1.3. Producción nacional del pimiento piquillo**

En 2017, el tipo de *Capsicum* más producido a nivel nacional fue el pimiento morrón con 28% de la producción total, seguido del ají con 23%, rocoto con 22%, páprika con 13%; y el piquillo con 13%. De estos productos, la producción de ají se incrementó en 7% y el pimiento morrón cayó 4%. La región que lideró la producción de *Capsicum* a nivel nacional fue Lambayeque con 61351 t, seguido Pasco con 35755 t, Lima con 29046 t, Tacna con 15385 t, La Libertad con 11781 t y Arequipa con 7926 t (Alfaro, 2018).

Perú es el cuarto productor de *Capsicum* a nivel mundial después de China e India, quienes lideran la producción mundial. El *Capsicum* es el sexto producto más exportado del país y la producción total es más de 164 mil t (Alfaro, 2018).

### **2.1.4. Proceso de la conserva de pimiento piquillo**

A continuación, se presenta el proceso para la elaboración de la conserva de pimiento piquillo (Vertiz y Vertiz, 2012).

Recepción. Se reciben los pimientos en la zona de acopio de la planta de proceso, verificando las condiciones sanitarias y de calidad de los proveedores autorizados por Senasa, para luego, ser registrados en el formato correspondiente. Posteriormente realizan los pesos de cada lote de materia prima.

Selección y/o clasificación. El pimiento que no cumple la madurez y el color requerido, son separados y llevados al almacén del área de acopio hasta culminar su maduración y alcanzar su color característico. Se realiza de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas por los clientes, ya sea en tamaño, diámetro o calidad del pimiento, y son clasificados como:

Extra. Frutos de color rojo intenso y uniforme, propio del fruto maduro, sin presencia de partes amarillas. Longitud 6 - 12 cm.

- Primera. Frutos de color rojo intenso, pálido o anaranjado sin presencia de partes verdes; de forma triangular y ápice agudo conforme a las características del fruto. Longitud 5 - 12 cm.
- Tiras. Frutos rojos uniforme o pálido; de forma triangular y ápice agudo conforme a las características del fruto. Longitud 5 - 6 cm.
- Descarte. Se considera todo aquello que no sea característico de la variedad y calidad.

Horneado. Llamado también “quemado”, “asado” o “soasado”, debido a que la cáscara del pimiento es quemada, haciéndolo pasar por un horno cilíndrico rotatorio a cierta temperatura, de manera que la llama del horno logra la calcinación de la cáscara para que, posteriormente, pueda ser pelado por fricción.

Lavado. Los pimientos que salen del horno pasan por un bombo rotatorio en donde el pimiento es bañado con agua a presión, con el objeto de desprender la piel quemada y/o cáscara, por contacto con la malla de acero inoxidable de la máquina de lavado.

Descorazonado. Llamado también “despepitado” o “derrabado”. Con ayuda de un cuchillo, se retira el pedúnculo, cortándolo alrededor de éste, en una proporción no mayor del 1/3 de todo el diámetro del pimiento; con el corte, se debe conseguir el retiro del corazón de semillas que contiene el pimiento, para después limpiar las semillas sobrantes.

Envasado y pesado. Los pimientos son llenados y pesados en envases de vidrio u hojalata, de acuerdo a las especificaciones establecidas.

Adición de líquido de gobierno. Llamado también “líquido de cobertura”, es la solución que se adiciona a los envases, de acuerdo al tipo de formato y a la composición que el cliente especifique. El líquido de gobierno participa en la transmisión del calor al producto

sólido y al desplazamiento del aire de las conservas hacia la parte superior del envase utilizado, que después se extrae haciendo vacío, de este modo se consigue que la conserva sea efectiva, la ausencia de oxígeno hará el producto más duradero.

Exhausting. Los envases son precalentados en el exhauster antes del cerrado, favorece la penetración de calor durante el tratamiento térmico y genera un vacío parcial dentro del envase, el cual persiste hasta después de finalizado el proceso.

Cerrado. Al salir el producto del exhauster, se coloca la tapa respectiva de cada envase, mientras que el otro procede a cerrar.

Tratamiento térmico. La temperatura de la autoclave debe oscilar alrededor de los 100 °C durante 12 min, luego enfriando con agua hasta una temperatura alrededor de 40 °C.

Acondicionamiento del producto terminado. El producto procesado es retirado de la autoclave y transferido a la zona de reposo para asegurar que los envases se sequen lo antes posible y que la superficie de contacto esté limpia, desinfectada y no se manipulen húmedos ni calientes.

## **2.2. Tratamiento térmico de los alimentos**

### **2.2.1. Generalidades**

El calor con su efecto destructivo sobre ciertos agentes patógenos asegura la seguridad y la conservación de los alimentos, evitando intoxicaciones en los consumidores (Martínez y Ordoñez, 2015).

La inactivación térmica es aún el procedimiento más utilizado para la conservación de los alimentos. Este tratamiento es seguro y no requiere de la utilización de reactivos químicos, y permite obtener alimentos con largo tiempo de vida hasta su consumo (Loizzo y otros, 2015).

Los alimentos envasados tratados térmicamente incluyen productos como vegetales, frutas, pescado, carne, leche y productos lácteos, comidas instantáneas, sopas y salsas. Estos productos se caracterizan por su estabilidad durante el almacenamiento a temperatura ambiente. La comercialización de estos productos se basa en la condición sobre la aplicación de calor, sólo o en combinación con otros tratamientos, para obtener alimentos inocuos en condiciones ambientales normales de distribución y almacenamiento (Loizo y otros, 2015).

Para determinar el tipo de proceso térmico requerido para un alimento, el pH es determinante, ya que la resistencia térmica de las esporas está ligada con la acidez del medio en el que se desarrollan. El pH tiene importancia en la elección de las condiciones del proceso debido a que algunas cepas del *Clostridium botulinum* pueden crecer y producir toxinas a  $\text{pH} \geq 4.6$ . Los alimentos que tienen pH inferior a 4.5 se les aplica la pasteurización como método de conservación; y aquellos con pH superiores, requieren un proceso más severo como la esterilización (Martínez y otros, 2015).

### **2.2.2. Pasteurización**

La pasteurización es un tratamiento leve (temperatura menor o igual que  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), normalmente entre  $65$  y  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; usado para conservar el alimento, eliminando microorganismos patógenos (bacterias, hongos y levaduras) e inactivación de enzimas (Reynaga, 2014).

La pasteurización destruye los microorganismos patógenos no esporulados, así como, la mayoría de saprófitos. Es necesario conocer las cinéticas de penetración de calor en el producto, la destrucción de los microorganismos presentes y las reacciones secundarias (destrucción de enzimas, vitaminas y pardeamiento). Existe una relación lineal entre el logaritmo del número de células vegetativas o de esporas supervivientes y de la duración del tratamiento térmico (Mafart, 1994).

### 2.2.3. Esterilización

La esterilización térmica comercial es aquella operación unitaria en que los alimentos son calentados a una temperatura suficientemente elevada ( $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y durante un tiempo determinado ( $> 5\text{ min}$ ) como para destruir la actividad microbiana y enzimática (Fellows, 2007).

La esterilización en los productos envasados se basa en reducir la probabilidad de supervivencia del *Clostridium botulinum*. A esto se le llama cocción botulínica que consiste en lograr por lo menos un proceso equivalente a un tratamiento a  $121.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 3 min (Llosa, 2017).

### 2.3. Termorresistencia microbiana

La termorresistencia de los microorganismos se expresa como tiempo de inactivación térmica, que es el tiempo necesario para destruir un número de células a una temperatura concreta. La destrucción de las bacterias por el calor es una de las operaciones básicas de la industria alimentaria porque permite prolongar significativamente el tiempo de conservación de los productos alimenticios (Bedolla y otros, 2004).

Los tratamientos térmicos en alimentos como frutas se realizan, generalmente, a menos que  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ya que los microorganismos tienen una baja resistencia térmica por el valor bajo de pH. Otros microorganismos son usualmente inhibidos por la acidez de las propias pulpas de frutas. El tipo de microorganismos en un alimento depende básicamente del pH y la actividad del agua. Respecto a los microorganismos importantes en el tratamiento térmico de alimentos de alta acidez ( $\text{pH} \leq 4.5$ ) son: *Byssochlamys fulva*, *Byssochlamys* sp. y *Lactobacillus* sp. *Byssochlamys* es el género más resistente y común, causante del deterioro en productos, lo que se debe a la resistencia de sus esporas y a su amplia distribución en el ambiente. El propósito de los tratamientos térmicos de pasteurización de

productos es alargar la vida útil y, al mismo tiempo, maximizar la retención de nutrientes y atributos sensoriales requeridos. Para aplicar un proceso de pasteurización es necesario determinar la degradación de nutrientes, inactivación de microorganismos, enzimas relacionadas, severidad del tratamiento, condiciones iniciales de pH y carga microbiana (Osorio, 2008).

#### **2.4. *Clostridium botulinum***

Es una bacteria formadora de esporas que produce una potente neurotoxina (toxina botulínica) (Cheon y otros, 2015). Esta bacteria es de mayor peligro en los alimentos envasados, que tienen ausencia de oxígeno, mantienen gran parte de la composición de nutrientes y condiciones adecuadas de actividad de agua. Cuando un producto es acidificado a un pH de 4.6 o menor, se asegura la inhibición de la germinación de sus esporas, siendo el pH de 4.6 considerado como punto de quiebre para definir a los alimentos de baja acidez (pH mayor a 4.6) y a los alimentos ácidos y acidificados (pH  $\leq$  4.6) (Quipo y otros, 2013).

Las esporas de *Clostridium botulinum* tipo A son las más termorresistentes, cuando se encuentran presentes un gran número de esporas de esta clase (60 billones), no mueren en su gran mayoría hasta que las partes del alimento, son calentados alrededor de 5 h a 100 °C o 121.1 °C durante 2.52 min. La termorresistencia de las esporas del *C. botulinum* del tipo A es la responsable de los cambios nutricionales y sensoriales en las conservas, resultando mortal desde el punto de vista sanitario (Cheon y otros, 2015).

El *Bacillus cereus* y algunos *Bacillus spp.* pueden producir enterotoxinas que causan vómito y diarrea. Estos microorganismos son más sensibles al tratamiento térmico en comparación al *C. botulinum*, por lo que, no causan un problema en los alimentos tratados térmicamente. Sin embargo, se debe



evitar la formación de toxinas de *B. cereus* desarrolladas en el alimento que pueden resistir al tratamiento térmico (Cheon y otros, 2015).

### **2.5. Transferencia de calor en productos envasados**

Las pruebas de penetración de calor son de uso común en la industria alimentaria para determinar el tiempo de proceso apropiado y así, un producto alimenticio alcance la esterilidad comercial. Sin embargo, dependiendo de las condiciones de temperatura y tiempo de procesamiento, los tratamientos de calor pueden desencadenar procesos de degradación térmica sobre los pigmentos carotenoides responsables del color, alterando la apariencia del producto (Aguilar y otros, 2015).

La transferencia de calor en los productos envasados, durante el proceso, el producto mantiene la temperatura requerida. Esto significa que el producto alcanza la temperatura de forma instantánea y se enfría de la misma forma, lo que en la práctica solo es cierto cuando se tratan líquidos en capas muy finas. En el resto de los casos se tiene una determinada masa de producto que se calentará y enfriará dentro de un envase y estos intercambios térmicos se verán afectados por la naturaleza del producto y envase como por la geometría de este último (Martínez y Ordoñez, 2015).

#### **2.5.1. Valor D**

Es el tiempo de reducción decimal o tiempo necesario para destruir el 90% de los microorganismos presentes en un alimento. Este valor es numéricamente igual al número de minutos necesarios para que la curva de destrucción térmica atraviese un ciclo logarítmico. Mide la reducción decimal o la rapidez con que muere un microorganismo. Cuando se citan valores D, es necesario añadir la temperatura y otros factores que afectan a la velocidad de destrucción microbiana. El valor D, así establecido, varía con la temperatura. Conforme la temperatura aumenta, los microorganismos son destruidos más rápidamente y el valor D disminuye

(Sharma y otros, 2003). En el Cuadro 2, se presenta la temperatura de proliferación óptima y los valores D de algunos microorganismos en alimentos.

Cuadro 2. Temperatura aproximada de proliferación óptima y valores D de algunos microorganismos

Microorganismo	Temperatura aproximada de proliferación óptima (°C)	Valor D (min)
<i>B. stearothermophilus</i>	55	D <sub>121.1</sub> = 4.0 - 5.0
<i>C. thermosaccharolyticum</i>	55	D <sub>121.1</sub> = 3.0 - 4.0
<i>D. nificans</i>	55	D <sub>121.1</sub> = 2.0 - 3.0
<i>C. botulinum</i> (A y B)	37	D <sub>121.1</sub> = 0.1 - 0.2
<i>C. sporogenes</i>	37	D <sub>121.1</sub> = 0.1 - 1.5
<i>B. coagulans</i>	37	D <sub>121.1</sub> = 0.01 - 0.07
<i>C. botulinum</i> (E)	30-35	D <sub>121.1</sub> = 0.3 - 3.0
<i>C. pasteurianum</i>	37	D <sub>100</sub> 0.1 – 0.5
<i>Byssochlamys fulva</i>	25-37	D <sub>90</sub> = 1 - 12
<i>Byssochlamys nivea</i>	25-37	D <sub>90</sub> = 1 - 8
<i>Talaromyces flavus</i>	25-37	D <sub>92</sub> = 2.2 - 2.5

Fuente: Sharma y otros (2003)

### 2.5.2. Valor Z

Es el número de grados de temperatura que corresponde al cambio del valor D, para disminuir a su décima parte, expresado también como la variación térmica requerida por la curva de termodestrucción atravesase un ciclo logarítmico. También, el valor Z se define como la capacidad de resistencia al calor de los microorganismos. El valor Z del *Clostridium botulinum* se ha establecido en 10 °C (18 °F) y el valor D a 121.1 °C (250 °F) es igual a 0.21 min (Fellows, 2007).

### 2.5.3. Valor L o Letalidad

La letalidad es el tiempo de muerte térmica, equivalente al calentamiento en un minuto, a la temperatura de referencia de esterilización (121.1 °C) y el valor de Z en función a la especie de microorganismo (*Clostridium botulinum*, Z = 10 °C). Para un proceso, en el cual, el producto alimenticio está sujeto a un perfil de temperatura-tiempo, la letalidad equivalente permite decidir si un tratamiento térmico en particular es seguro para garantizar la esterilidad comercial (Alvarado y otros, 2009).

#### **2.5.4. Valor $F_0$**

El tiempo de muerte térmica a 121.1 °C y Z = 10 °C, alcanzado mediante el calor recibido durante el tratamiento en el punto más frío del envase se le denomina  $F_0$  y se define como la medida de la capacidad de un determinado tratamiento térmico (criterio  $F_0 = 12D$ ) para reducir el número de esporas o de células vegetativas de un determinado microorganismo por envase (Muñoz, 2014).

El  $F_0$  sirve para comparar la eficacia de distintos procesos de esterilización y representa la combinación de tiempo-temperatura recibida por el alimento. El valor  $F_0$  tiene un subíndice que indica la temperatura del alimento durante el tratamiento y un superíndice que es el valor Z del microorganismo contra el que el tratamiento va dirigido (Fellows, 2007).

#### **2.5.5. Unidades de pasteurización**

La principal diferencia de los valores de unidades de pasteurización (UP), que se aplica en alimentos de alta acidez, es la temperatura de tratamiento  $\leq 100$  °C. La diferencia con los valores F, es que  $F_0$  tiene una temperatura estándar de referencia (121.1 °C y z = 10 °C) y los valores UP carecen de una temperatura estándar de referencia y de valor Z. En su lugar, se utiliza la temperatura de referencia que es

apropiada para cada tratamiento en particular y un valor de Z apropiado para el microorganismo que se desea controlar. Para productos ácidos ( $\text{pH} < 4.5$ ), es improbable el riesgo de multiplicación y formación de toxina por *C. botulinum*; así mismo, cuando el pH está entre 4.0 y 4.5, los tratamientos buscan controlar la supervivencia y la multiplicación de microorganismos formadores de esporas tales como el *Bacillus coagulans* y el *C. pasteurianum* (Casp y Abril, 2003).

Cuando se trata térmicamente un alimento envasado y la temperatura interna cambia en el tiempo, debe calcularse la letalidad integrada mediante el método general. Se basa en la integración gráfica, los cuales utilizan parámetros y ecuaciones para determinar el tiempo de proceso y la letalidad requerida. La letalidad puede ser expresarse como el valor logrado en un punto determinado como el punto más frío o como una letalidad integrada. El valor  $F_0$  o UP debe basarse en el microorganismo, involucrado en el deterioro del alimento, que tiene mayor resistencia térmica (Encina, 2006).

El tiempo de procesamiento puede ajustarse a un tiempo equivalente con la siguiente ecuación (Encina, 2006):

$$F_{T_{\text{ref}}} = F_t \cdot 10^{(T - T_{\text{ref}})/Z}$$

Donde:

$F_t = \text{UP}_1 =$  minutos de procesamiento a una temperatura  $T$ .

$F_{T_{\text{ref}}} = \text{UP} =$  minutos de procesamiento a  $T_{\text{ref}}$ .

$10^{(T - T_{\text{ref}})/Z} = L =$  factor de conversión o velocidad letal. Convierte el tiempo real de calentamiento de un proceso a una temperatura específica.

$T_{\text{ref}} =$  temperatura de referencia.

Z = Grados de temperatura requeridos para que la curva de termodestrucción térmica atraviese un ciclo logarítmico.

La letalidad de un proceso se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Letalidad} = UP = F_t.L$$

La temperatura del envase varía de manera continua. Por consiguiente, no se puede calcular simplemente una sola velocidad letal para el proceso y multiplicarla por el tiempo de procesamiento. Se debe calcular las velocidades letales a varios intervalos durante el proceso y, luego, se integra esta velocidad con respecto al tiempo (Sharma y otros, 2003).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

### 3.2. Materia prima e insumos

#### Material de investigación

- Pimiento piquillo, fue adquirido de Green Perú S.A., procedente de Olmos, región Lambayeque.

#### Insumos

- Pastilla tipo Diapim. Marca Diasa, fue adquirido de Green Perú S.A.
- Frasco de vidrio. Capacidad 212 mL. Fue adquirido de Suman S.A.
- Azúcar blanca. Marca Laredo, fue adquirida del Mercado Zonal Palermo de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Agua de mesa. Marca San Luis, fue adquirida del Mercado Zonal Palermo de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.

#### Reactivos

- Ácido sulfúrico (1.25%)
- Hidróxido de sodio (1.25%)
- Ácido clorhídrico (1.25%)
- Reactivo de Folin-Ciocalteu
- Ácido gálico
- 2,6 diclorofenolindofenol
- Acido oxálico 0.4%

### 3.3. Equipos e instrumentos

- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo. Modelo AB204. Capacidad: 0 a 210 g, sensibilidad aprox. 0.0001 g.

- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango de 50 a 200 °C. Precisión  $\pm 0.01$  °C.
- Estufa Memmert. Modelo UNE-300. Rango 20-180 °C. Precisión 0.5 °C.
- Colorímetro Konica–Minolta. Modelo CR – 400.
- pH metro. Marca Mettler Toledo. Rango de 0 a 14.
- Refractómetro. Marca Atago. Rango: 0-90 °Brix.
- Texturómetro marca Instron modelo 342. Capacidad de carga de 0.5 kN. Espacio de ensayo vertical de 651 mm.
- Espectrofotómetro UV-VIS. Marca Genesys 6. Rango: 325 - 1100 nm.
- Autoclave. Marca Vector. Modelo PS4311.
- Horno tubular a gas. Marca Teycomur. Rango: 500 – 980 °C
- Cocina eléctrica. Marca Selecta.
- Exhauster. Marca Hermosa, modelo HRGB, capacidad 3500 kg/h.
- Máquina cerradora. Marca AYRTAC. Modelo MC-300. Capacidad 200-250 kg/h.
- Vacuómetro. Marca Dinamic. Rango 15 a 350 psi.
- Licuadora de 5 velocidades. Marca Oster
- Agitador Magnetic Stirrer MMS-3000. Marca Boeco.

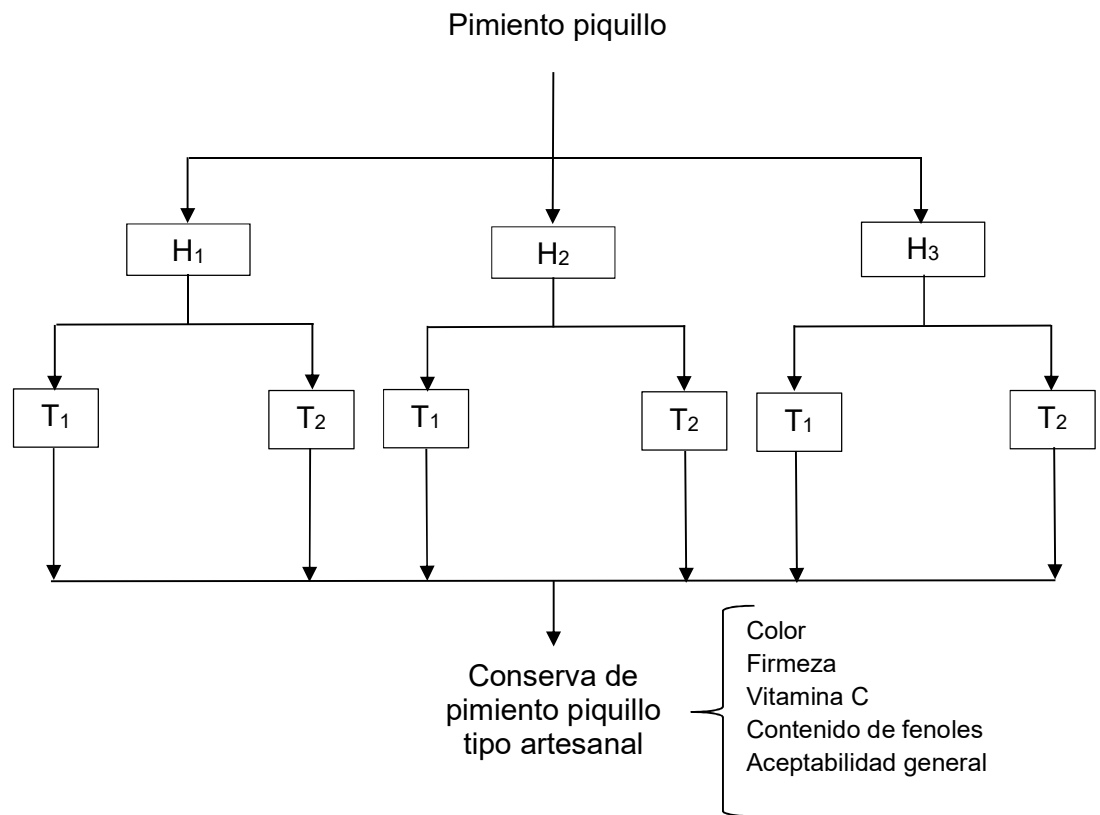
### **3.4. Metodología**

#### **3.4.1. Esquema experimental para la investigación de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano**

En la Figura 1, se muestra el esquema experimental. Las variables independientes fueron la temperatura de horneado (700, 750 y 800 °C) y el tratamiento térmico (95 °C/25 min y 100 °C/23 min); las dependientes fueron: el color, firmeza, contenido de vitamina C, contenido de fenoles y la aceptabilidad general.

### 3.4.2. Procedimiento experimental para la elaboración de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

En la Figura 2, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. A continuación, se describe cada una de las etapas del proceso (Martínez y Ordoñez, 2015; Miranda, 2004).



Leyenda:

H<sub>1</sub>: Temperatura de horneado, 700 °C

H<sub>2</sub>: Temperatura de horneado, 750 °C

H<sub>3</sub>: Temperatura de horneado, 800 °C

T<sub>1</sub>: Tratamiento térmico, 95 °C/25 min

T<sub>2</sub>: Tratamiento térmico, 100 °C/23 min

Figura 1. Esquema experimental para la evaluación de la conserva de pimiento piquillo tipo artesanal



Recepción. Se recibieron los pimientos piquillos en bines de plástico, permaneciendo almacenados bajo sombra en la zona de recepción de materia prima a temperatura ambiente.

Selección. Se separaron los pimientos que no cumplen con longitud de 6-8 cm, deshidratación mayor al 50% del fruto, coloración verde, amarillo o naranja en alguna parte del cuerpo, estado de putrefacción, deficiencia nutricional y rajaduras mayor a 2 cm<sup>2</sup>.

Horneado. La cáscara del pimiento fue quemada en contacto directo a través del túnel del horno a gas, a las temperaturas planteadas en el diseño experimental.

Enfriado 1: Se realizó a temperatura ambiente en el transcurso de la faja de transporte, del horno hacia la faja de pelado que llevó hacia el tambor de pelado.

Pelado. Se realizó en el tambor de pelado, desprendiéndose la cáscara de la parte pulposa.

Limpieza 1. Cada pimiento fue limpiado a mano con un paño (Yes Ultra) los restos de cáscara que no fueron retirados en el proceso anterior.

Descorazonado. Se retiró cuidadosamente el pedúnculo, corazón y semillas con cuchillo.

Limpieza 2. Se eliminó la cáscara restante y las semillas con un paño (Yes Ultra).

Pesado y envasado. Los pimientos fueron pesados de 330-345 g y llenados en el envase, y se agregó 4.9 - 5.0 g de azúcar y una pastilla DIAPIM (contiene cloruro de sodio 88% y ácido cítrico 12%) para cada envase sin la necesidad de agregar líquido de gobierno, y posteriormente, fueron sellados con la máquina respectiva.

Llenado. Los envases llenos fueron acomodados en el coche, luego, llevados a la autoclave, donde fueron separados en canastillas de acero inoxidable. La presión de la autoclave fue de 20 lb/pulg<sup>2</sup>.

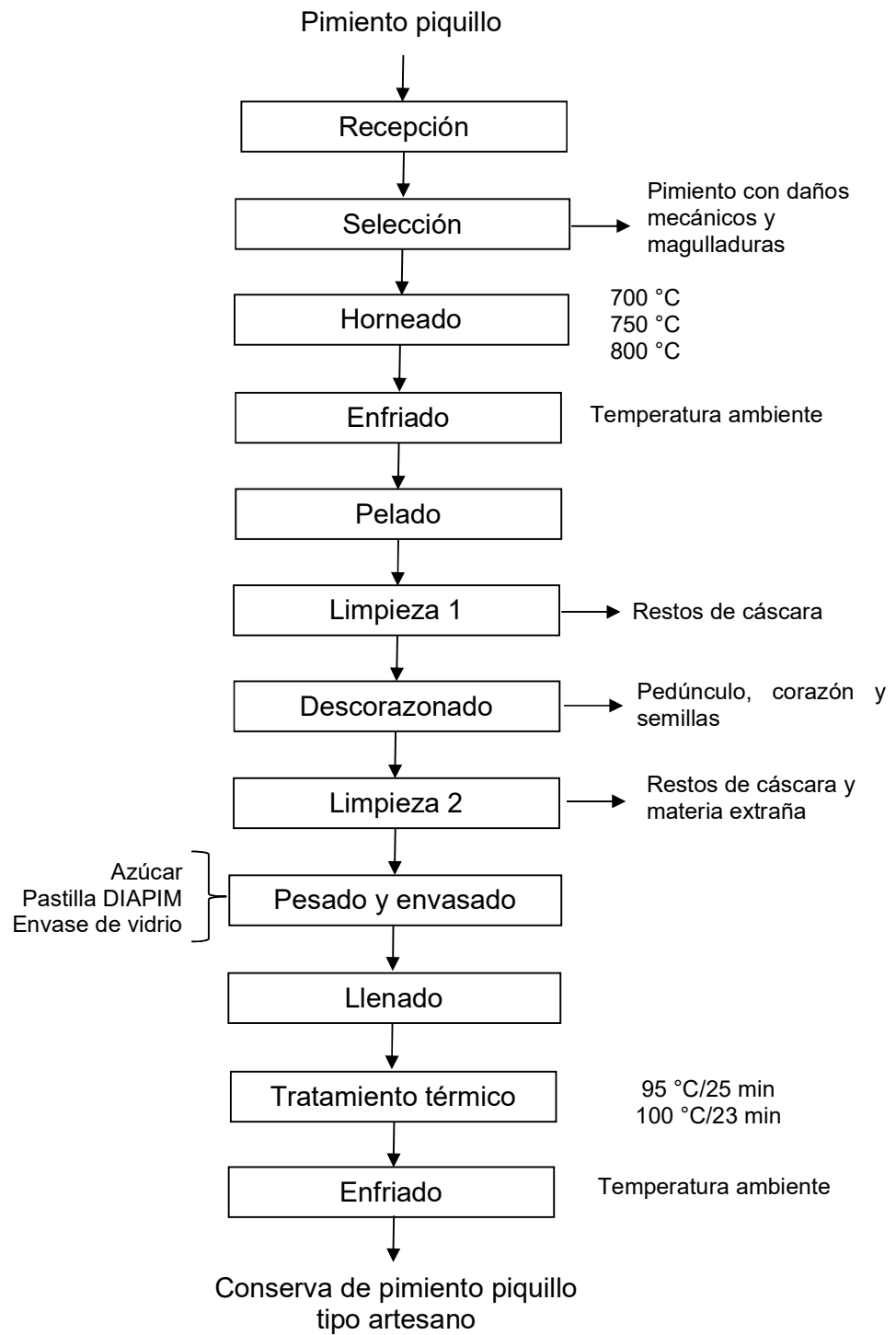


Figura 2. Diagrama experimental para la elaboración de la conserva de pimiento piquillo tipo artesanal

Tratamiento térmico. Se midió la temperatura del primer envase cerrado para corroborar la temperatura inicial. Las conservas fueron sometidas a los tratamientos térmicos establecidos en el diseño experimental. Para ello se usó un sistema de termocuplas más software Datatrace de registro de penetración de calor, tomado como  $T_{ref}= 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $Z=8.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  para el microorganismo *C. pasteurianum*, con lo cual se determinaron los valores de  $P_0$  ó UP. El valor de  $P_0$  fue como mínimo 6.

Enfriado 2. Culminado el proceso anterior, el producto permaneció en los coches de 1 a 2 h en zona de oreo.

### **3.5. Métodos de análisis**

#### **3.5.1. Color**

Se determinó usando el colorímetro Kónica-Minolta, midiendo los valores de  $L^*$  en el rango de 0 (negro) y 100 (blanco); cromaticidad  $a^*$  (de 0 a +60 rojo y de 0 a -60 verde) y cromaticidad  $b^*$  (de 0 a +60 amarillo y de 0 a -60 azul). El colorímetro fue calentado durante 10 min y calibrado con un blanco estándar. Se realizaron mediciones por triplicado para cada tratamiento (Martínez y Ordoñez, 2015).

#### **3.5.2. Firmeza**

Se empleó un texturómetro instrumental, que determinó la resistencia a la penetración expresada en Newton (N). Los trozos de pimienta piquillo tuvieron medidas de 5.0 x 4.0 cm, y puestos sobre una base sólida con una perforación central que permitió el libre paso del punzón o cruceta (6 mm de diámetro) al momento de atravesarlas a una velocidad de 10 mm/s (Torres y otros, 2015).

### 3.5.3. Vitamina C

Se realizó según la metodología de Hung y Yen (2002). Se adicionó 100 µL de muestra de pimiento piquillo previamente homogeneizado con 900 µL de 2,6 diclorofenolindofenol en un matraz Erlenmeyer; posteriormente, se registró la absorbancia a 515 nm. Se reemplazó en la siguiente fórmula.

$$A_{515 \text{ nm}} = A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}$$

Donde la absorbancia control fue obtenida por la reacción de 100 µL de ácido oxálico al 0.4% con 900 µL de 2,6 diclorofenolindofenol. La concentración de vitamina C fue determinada mediante una curva estándar con ácido ascórbico para análisis a diferentes concentraciones.

### 3.5.4. Contenido de fenoles

Se utilizó el método espectrofotométrico desarrollado por Folin y Ciocalteu. Se colocó 200 µL de la muestra licuada en un matraz y se añadió 2.5 mL de reactivo de Folin, se dejó reposar durante 3 min. Posteriormente, se agregaron 5 mL de carbonato de sodio (20%) y se aforó con agua destilada a 50 mL. La mezcla se dejó reposar por 30 min, luego, se midió la absorbancia a 765 nm. Para determinar la concentración, se elaboró una curva estándar de ácido gálico con diferentes concentraciones (Heredia, 2014).

### 3.5.5. Aceptabilidad general

La aceptabilidad general se evaluó por medio de una escala hedónica de 9 puntos en cada muestra. Para medir la aceptabilidad general, los panelistas degustaron las muestras de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano, y se utilizó agua entre cada muestra de la prueba sensorial. Evaluaron 30 panelistas no entrenados. Las pruebas se realizaron durante las mañanas y tardes de cada día, de

preferencia de 10: 00 a 11:30 am y de 16:00 a 18:00 pm. En la Figura 3, se muestra la cartilla para la evaluación de aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano (Anzaldúa-Morales, 2005).

Se recomienda que en una misma sesión no se den más de cinco muestras al mismo tiempo a los panelistas, para evitar fatigas y llenura, por lo que se trabajó en dos sesiones; en la primera sesión se presentaron 3 tratamientos y en la segunda sesión 3 tratamientos (Casas y otros, 2016).

### **3.6. Métodos estadísticos**

La evaluación estadística del color, firmeza, vitamina C y contenido de fenoles correspondió a un arreglo factorial  $3 \times 2$ , con tres repeticiones. Se aplicó la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas, seguido un análisis de varianza para evaluar la influencia de las variables independientes y finalmente, la prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan, para la determinación del mejor tratamiento. Los datos de la aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon (muestras relacionadas), con un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el software SPSS versión 22.

**Prueba de aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo  
tipo artesano**

Nombre del panelista:

Fecha:

Instrucciones: Pruebe la conserva de pimiento piquillo tipo artesano, que se le ha proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (x) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado que le produzca.

	Codificación de muestras		
Escala	139	259	786
Me agrada muchísimo	-----	-----	-----
Me agrada mucho	-----	-----	-----
Me agrada moderadamente	-----	-----	-----
Me agrada poco	-----	-----	-----
Ni me agrada ni me desagrada	-----	-----	-----
Me desagrada poco	-----	-----	-----
Me desagrada moderadamente	-----	-----	-----
Me desagrada mucho	-----	-----	-----
Me desagrada muchísimo	-----	-----	-----
Comentarios: -----			
-----			

Figura 3. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.

Fuente: Anzaldúa-Morales (2005)

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre el color en conserva de pimiento piquillo tipo artesano

En la Figura 4, se muestra el color en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano, observándose que los resultados de Luminosidad ( $L^*$ ) se encuentran entre 28.01 y 31.85; presentando mayor valor el tratamiento 1 (temperatura de horneado de 700 °C y tratamiento térmico de 95 °C durante 25 min).

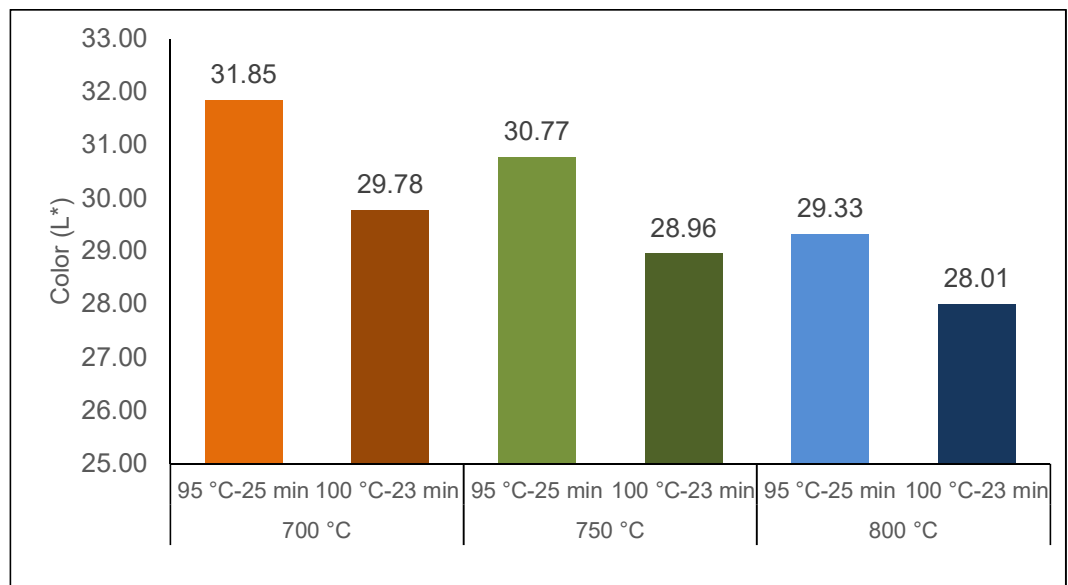


Figura 4. Luminosidad ( $L^*$ ) en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Se determinó que, a mayor temperatura de horneado se obtuvo menor luminosidad debido a la pérdida de sustancias carotenoides responsables del color y brillo y las aromáticas; así mismo, comparando entre

tratamientos térmicos existió una ligera disminución entre las dos relaciones temperatura-tiempo de pasteurización. Los datos de la luminosidad ( $L^*$ ) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano se encuentran en el Anexo 1.

De Sousa (2006) evaluó el efecto del tratamiento térmico en la luminosidad de la conserva de escabeche (*Capsicum baccatum*). El tratamiento fue 100 °C durante 0, 10, 20, 30 y 40 min. Reportó valores con un comportamiento decreciente a medida que aumentó el tiempo del tratamiento térmico, oscilando  $L^*$  entre 31.9 y 28.7.

El incremento de gradual de temperatura permite la polimerización, ciclación e isomerización de compuestos carotenoides; por tanto, el tratamiento térmico permite un reordenamiento asociativo de carotenoides con ácidos grasos o proteínas de las frutas (lipoproteínas); ocasionando la pérdida de las características de color en el alimento (Loizzo y otros, 2015).

Martínez y Ordoñez (2015) evaluaron el efecto del proceso térmico (fritura) sobre el color en pimentón rojo (*Capsicum annuum*). La materia prima presentó características de color:  $L^*$  (38.64), cromaticidad  $a^*$  (31.52) y cromaticidad  $b^*$  (23.78). Para la fritura se utilizó aceite de soya a 175 °C durante 5 min. El tratamiento térmico fue a 100 °C durante 15 min reportando valores de  $L^*$  en 37.18, cromaticidad  $a^*$  34.13 y cromaticidad  $b^*$  21.81. Estos resultados evidenciaron que la fritura disminuyó la luminosidad y cromaticidad  $b^*$ ; por otro lado, aumentó la cromaticidad  $a^*$  (representación de la tonalidad al color rojo), presentando valores ligeramente superiores a los obtenidos en esta investigación.

Sierra y otros (2016) elaboraron encurtidos de ají tabasco (*Capsicum frutescens*) empleando un medio ácido adicionado en caliente (90 °C) como líquido de cobertura sobre la luminosidad ( $L^*$ ). Emplearon dos métodos, la



primera fue mezcla de ácido cítrico (1.5%), láctico (1.0%), ácido ascórbico (0.5%) y acético (5%) y la segunda fue solo ácido acético al 5%. Se reportaron valores de luminosidad ( $L^*$ ) de 41.6 y 38.9; respectivamente. Los valores se encuentran ligeramente superiores debido a que esta semiconserva, sólo recibió como tratamiento térmico el llenado en caliente.

En el Cuadro 3, se presenta la prueba de Levene aplicada a las características de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. La prueba de Levene determinó la existencia de homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ) en todas las variables.

Cuadro 3. Prueba de Levene para Luminosidad de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Característica	Estadístico de Levene	p
Luminosidad ( $L^*$ )	2.528	0.087
Cromaticidad $a^*$	1.719	0.205
Cromaticidad $b^*$	2.773	0.069

En el Cuadro 4, se muestra el análisis de varianza para la luminosidad ( $L^*$ ) de la conserva de pimiento, denotándose que la temperatura de horneado y el tratamiento térmico presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la luminosidad.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la luminosidad ( $L^*$ ) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Temperatura :A	13.925	2	6.963	18.023	0.000
Tratamiento térmico : B	13.503	1	13.503	34.952	0.000
A*B	0.447	2	0.223	0.578	0.576
Error	4.636	12	0.386		
Total	32.510	17			

En el Cuadro 5, se observa la prueba Duncan aplicada a la luminosidad de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 4, se eligen como mejores tratamientos con las temperaturas de horneado a 700 y 750°C y proceso térmico de 95 °C durante 25 min, que presentaron la mayor luminosidad con 31.86 y 30.77; respectivamente.

Cuadro 5. Prueba de Duncan para la luminosidad ( $L^*$ ) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Temperatura horneado (°C)	Tratamiento térmico (°C)	(min)	Subgrupo			
			1	2	3	4
800	100	23	28.01			
750	100	23	28.96	28.96		
800	95	25		29.33		
700	100	23		29.78	29.78	
750	95	25			30.77	30.77
700	95	25				31.86

En la Figura 5, se muestra un comportamiento creciente de la cromaticidad  $a^*$  entre tratamiento térmicos; así mismo, a mayor temperatura de horneado. El tratamiento con una temperatura de horneado a 800 °C y tratamiento térmico a 100 °C durante 23 min presentó el mayor valor de

cromaticidad  $a^*$  con 35.15, es decir un color más rojizo. Los datos de la cromaticidad  $a^*$  de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano se encuentran en el Anexo 2.

La cromaticidad  $a^*$  aumento en las muestras de conserva de pimiento piquillo tipo artesano con mayor temperatura de horneado y tratamiento térmico; esto puede atribuirse debido a que el calor genera mayor disponibilidad de carotenoides a nivel superficial logrando incrementar su tonalidad externa (Martínez y Ordoñez, 2015). Así mismo, Mendoza y Herrera (2012), mencionan que, durante un tratamiento térmico, existe una degradación de la clorofila, convirtiéndose a feofitina; ya que pierde estabilidad en los tejidos vegetales.

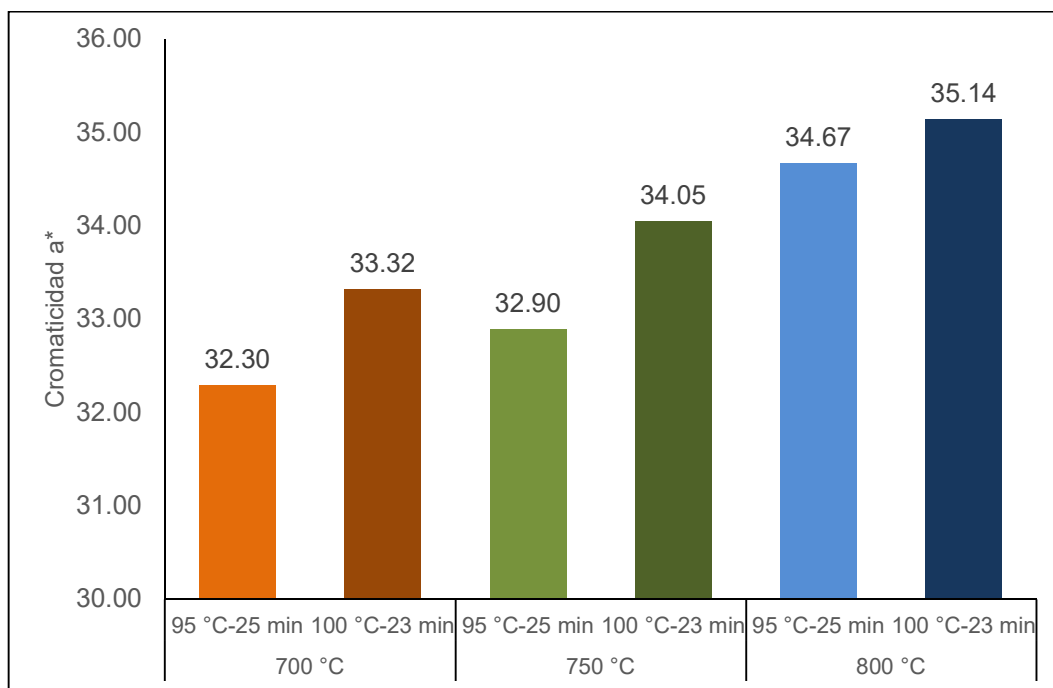


Figura 5. Cromaticidad  $a^*$  en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Sierra y otros (2016) elaboraron encurtidos de ají tabasco empleando un medio ácido como líquido de cobertura adicionado a 90 °C. Emplearon dos métodos, la primera fue mezcla de ácido cítrico (1.5%), láctico (1.0%), ácido ascórbico (0.5%) y acético (5%) y la segunda fue solo ácido acético al 5%. Se reportaron valores inferiores de cromaticidad  $a^*$  de 12.49 y 12.01; respectivamente. Esta diferencia se puede atribuir al color característico de los ajíes en cada experimentación; siendo el valor inicial de 14.67 para ají tabasco; mientras que, pimiento piquillo 36.14.

De Sousa (2006) evaluó el efecto del tratamiento térmico en la cromaticidad  $a^*$  de la conserva de escabeche (*Capsicum baccatum*). El tratamiento fue 100 °C durante 0, 10, 20, 30 y 40 min. Los resultados indicaron un comportamiento creciente a medida que aumentó el tiempo del tratamiento térmico, oscilando entre 30.5 y 32.3. El aumento de la cromaticidad  $a^*$  y disminución de la cromaticidad  $b^*$  en el pimiento piquillo puede estar asociado a las condiciones ácidas y al manejo de altas temperaturas, que aceleran los procesos de isomerización de los carotenoides y pardeamiento del pimiento (Fuh-Juin y otros, 2014).

En el Cuadro 6, se muestra el análisis de varianza para la cromaticidad  $a^*$  de la conserva de pimiento piquillo artesano, demostrándose que la temperatura de horneado y el tratamiento térmico presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 6. Análisis de varianza de la cromaticidad  $a^*$  de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Temperatura: A	13.702	2	6.851	14.258	0.001
Tratamiento térmico: B	3.389	1	3.389	7.052	0.021
A*B	0.368	2	0.184	0.383	0.690
Error	5.766	12	0.481		
Total	23.226	17			

En el Cuadro 7, se observa la prueba Duncan aplicada a la cromaticidad  $a^*$  de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 3, se presentan los tratamientos: temperatura de horneado 800 °C con procesos térmicos de 100 °C por 23 min y 95 °C por 25 min, y temperatura de horneado 750 °C con proceso térmico de 100 °C por 23 min; pudiéndose elegir cualquier tratamiento, presentando los mayores valores con 35.14, 34.67 y 34.05; respectivamente.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para la cromaticidad  $a^*$  de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Temperatura horneado (°C)	Tratamiento térmico (°C)	(min)	Subgrupo		
			1	2	3
700	95	25	32.30		
750	95	25	32.90	32.90	
700	100	23	33.32	33.32	
750	100	23		34.05	34.05
800	95	25			34.67
800	100	23			35.14

En la Figura 6, se muestra un comportamiento decreciente de la cromaticidad  $b^*$  a mayor temperatura de horneado, así como, entre tratamiento térmicos. Vega-Gálvez y otros (2009) indican que la reducción de la cromaticidad  $b^*$  representa la descomposición de la clorofila. El tratamiento con una temperatura de horneado a 700 °C y tratamiento térmico a 95 °C durante 25 min presentó mayor cromaticidad  $b^*$  con 27.49, lo que representa un color más claro hacia tonalidad amarilla. Los datos de la cromaticidad  $b^*$  de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano se encuentran en el Anexo 3.

Dependiendo de las condiciones de temperatura y tiempo de procesamiento, pueden desencadenar procesos de degradación térmica debido a la desnaturalización parcial de las proteínas, que permiten la liberación de los pigmentos responsables del color en los frutos de pimentón (Martínez y Ordoñez, 2015). Así mismo, los cambios de color se dan principalmente por la remoción del aire atrapado entre los tejidos de los materiales vegetales por el agua empleada en los tratamientos térmicos (Mazzeo y otros, 2015).

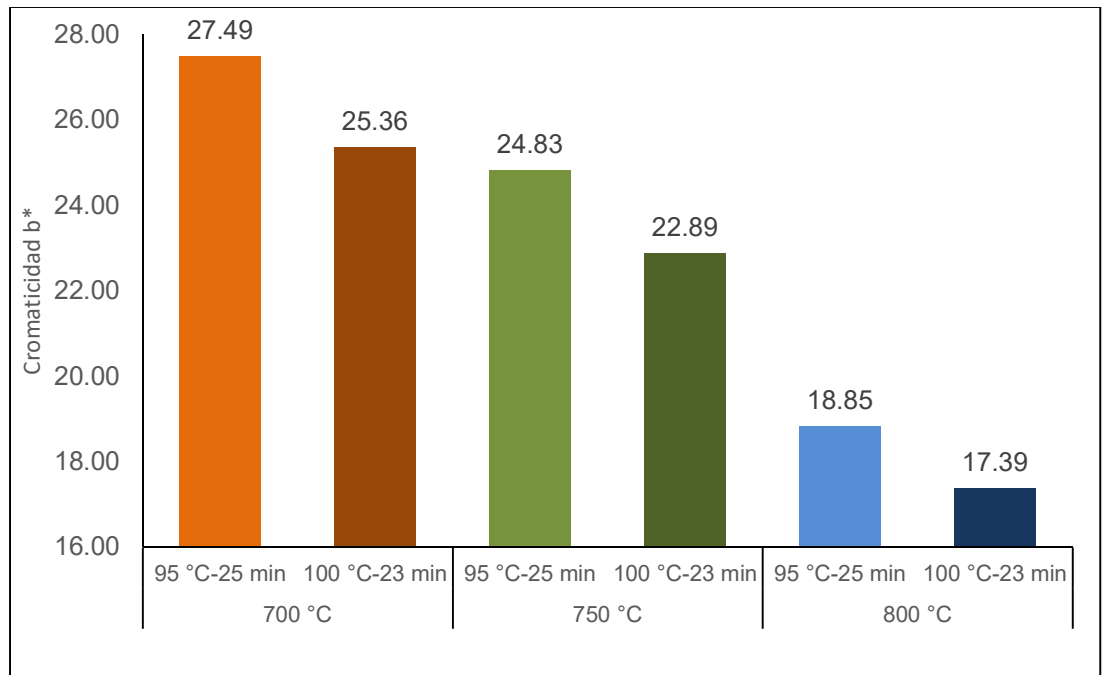


Figura 6. Cromaticidad b\* en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

De Sousa (2006) evaluó el efecto del tratamiento térmico en la cromaticidad b\* de la conserva de escabeche. El tratamiento fue 100 °C durante 0, 10, 20, 30 y 40 min. Los resultados indicaron un comportamiento decreciente a medida que aumentó el tratamiento térmico y temperatura de horneado, oscilando entre 32.91 y 27.5.

Sierra y otros (2016) elaboraron encurtidos de ají tabasco empleando un medio ácido en caliente (90 °C) como líquido de cobertura sobre la cromaticidad b\*. Emplearon dos métodos, la primera fue mezcla de ácido cítrico (1.5%), láctico (1.0%), ácido ascórbico (0.5%) y acético (5%) y la segunda fue solo ácido acético al 5%. Se reportaron valores inferiores de cromaticidad b\* de 13.07 y 11.31, respectivamente. Esta diferencia se debe al color característico de los ajíes en evaluación; siendo 17.26 para ají tabasco fresco; mientras que, pimiento piquillo fresco con 34.74.

En el Cuadro 8, se muestra el análisis de varianza para la cromaticidad  $b^*$  de la conserva de pimiento, demostrándose que la temperatura de horneado y el tratamiento térmico presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 8. Análisis de varianza de la cromaticidad  $b^*$  de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Temperatura: A	217.072	2	108.536	379.460	0.000
Tratamiento térmico: B	15.198	1	15.198	53.136	0.000
A*B	0.361	2	0.180	0.630	0.549
Error	3.432	12	0.286		
Total	236.064	17			

Ornelas-Paz y otros (2010) evaluaron variedades de pimientos cocidos (asados) sobre el color. Las variedades de pimientos fueron Poblano, Bell, Chilaca, Caribe, Jalapeño y Habanero. El asado se realizó a 210 °C, previo escaldado a 100 °C durante 2 min. Los resultados de luminosidad oscilaron entre 31.9 y 35.4, cromaticidad  $a^*$  entre 18.6 y 29.1. Los valores se encuentran familiarizados con esta investigación, encontrándose dentro de los rangos de variedades de pimientos.

En el Cuadro 9, se observa la prueba Duncan aplicada a la cromaticidad  $b^*$  de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 5, se presenta el tratamiento con temperatura de horneado a 700 °C y tratamiento térmico de 95 °C durante 25 min, eligiéndose como mejor tratamiento por presentar el mayor valor (27.5).



Cuadro 9. Prueba de Duncan para la cromaticidad b\* de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Temperatura horneado (°C)	Tratamiento térmico (°C) (min)		Subgrupo				
			1	2	3	4	5
800	100	23	17.4				
800	95	25		18.9			
750	100	23			22.9		
750	95	25				24.8	
700	100	23				25.4	
700	95	25					27.5

#### 4.2. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre la firmeza en conserva de pimiento piquillo tipo artesano

En la Figura 7, se muestra un comportamiento decreciente de la firmeza entre tratamiento térmicos; mientras que, a diferentes temperaturas de horneado no presento un comportamiento definido. Los mayores valores de firmeza se presentaron a una temperatura de horneado con 750 °C con 2.10 y 1.97 N. Los datos de la firmeza (N) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano se encuentran en el Anexo 4.

La firmeza es un principal atributo de calidad en los pimientos, que durante el procesamiento térmico se ve afectada de forma crítica por las elevadas temperaturas que conllevan a la pérdida de turgencia por daños en las paredes vegetales. Así mismo, está relacionada con la naturaleza química y estructural de las células del parénquima. Las microfibrillas cristalinas de celulosa, conforman el 35% del residuo seco; así mismo, las microfibrillas de hemicelulosa, pectinas y ligninas. Las fibrillas, especialmente los vasculares, dan el soporte y protección del vegetal (Aguilar y otros, 2015).

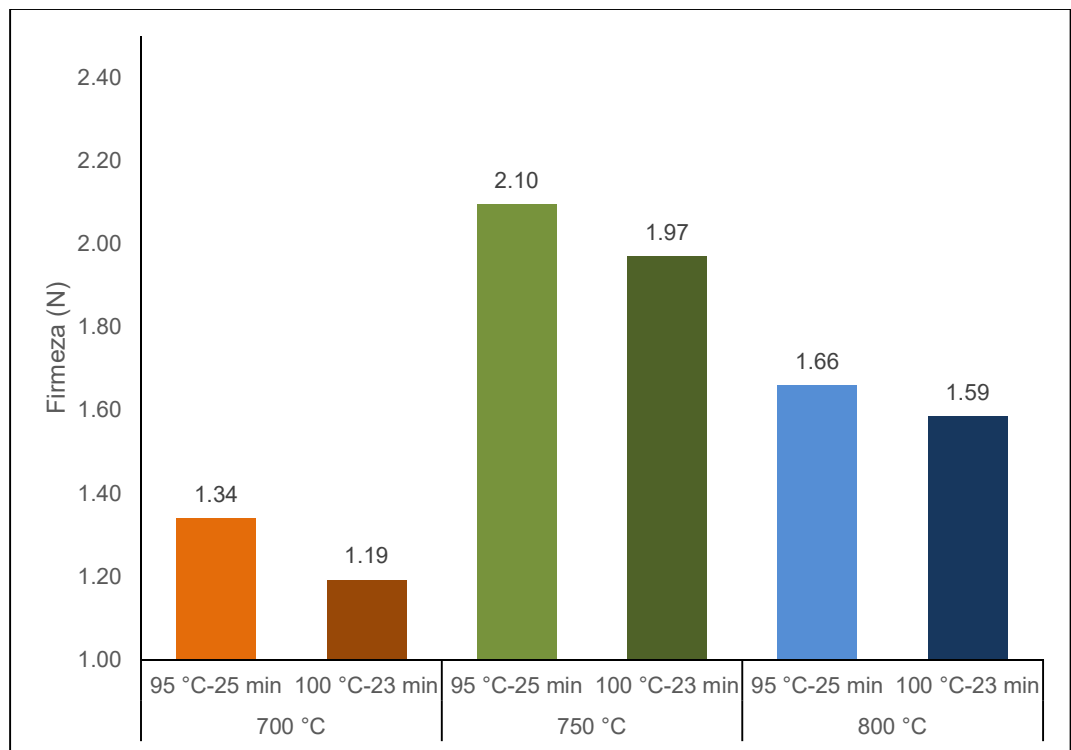


Figura 7. Firmeza en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Al respecto de los resultados variantes obtenidos, Fellows (2007) indica que la evaporación del agua durante el tratamiento térmico provoca que la concentración de los solutos en la superficie aumente provocando una capa superficial dura y ligeramente impenetrable. Así mismo Sánchez y otros (2014) mencionan que los tratamientos térmicos en los vegetales inducen a modificaciones físicas y químicas, incluyendo la textura, debido a diversos cambios en las estructuras celulares, primordialmente la desorganización de la membrana celular y cambios de los polímeros de la pared celular (conforman el 34% del material de la pared celular y se localizan en la laminilla media de la pared celular primaria), causando ablandamiento de los tejidos.

Durante el procesamiento térmico se altera la textura de las frutas y verduras, principalmente por el efecto que se ejerce sobre la pared celular; dicha estructura organizada se rompe y provoca cambios en la permeabilidad y, por tanto, aumenta la flexibilidad de los tejidos (Aguilar y otros, 2015).

En el Cuadro 10, se presenta la prueba de Levene aplicada a la firmeza (N) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. La prueba de Levene determino la existencia de homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 10. Prueba de Levene para la firmeza (N) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Estadístico de Levene	p
1.995	0.152

En el Cuadro 11, se muestra el análisis de varianza para la firmeza de la conserva de pimiento piquillo artesano, denotándose que la temperatura de horneado presentó efecto significativo ( $p < 0.05$ ), mas no el tratamiento térmico.

Cuadro 11. Análisis de varianza de la firmeza (N) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Temperatura: A	2.177	2	1.089	36.892	0.000
Tratamiento térmico: B	0.076	1	0.076	2.577	0.134
A*B	0.008	2	0.004	0.136	0.874
Error	0.354	12	0.030		
Total	2.615	17			

En tejidos vegetales, la textura también depende de los polímeros pécticos presentes en las paredes celulares que contribuye a la firmeza y elasticidad. La enzima pectina metilesterasa cataliza la eliminación de esteres metílicos de la pectina; dicha reacción desempeña un papel clave en la desestabilización de la estructura de la pared celular producido a temperaturas altas mayores de 80 °C (Sánchez, y otros, 2014).

En el Cuadro 12, se observa la prueba Duncan aplicada a la firmeza de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 1, se encuentran las muestras con temperatura de horneado a 700 °C y procesos térmicos de 95 °C por 25 min y 100 °C por 23 min; pudiéndose considerar los mejores tratamientos al ser los más suaves con valores de 1.34 y 1.19 N.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para la firmeza (N) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Temperatura horneado (°C)	Tratamiento térmico (°C)	Tratamiento térmico (min)	Subgrupo		
			1	2	3
700	100	23	1.19		
700	95	25	1.34		
800	100	23		1.58	
800	95	25		1.66	
750	100	23			1.97
750	95	25			2.10

#### 4.3. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre la vitamina C en conserva de pimiento piquillo tipo artesano

En la Figura 8, se presenta la vitamina C en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en pimiento piquillo tipo artesano. Se muestra un comportamiento decreciente, a medida que aumentó la

temperatura de horneado; así mismo, una ligera disminución entre tratamientos térmicos. Este comportamiento se debe a que la vitamina C es altamente lábil, y gran parte se pierde en el procesamiento de alimentos; así mismo, en las frutas y vegetales se producen pérdidas de vitaminas hidrosolubles (ácido ascórbico, tiamina, riboflavina y niacina). La degradación del ácido ascórbico se da a temperaturas mayores de 100 °C, debido a la ruptura de membranas biológicas en células, mitocondrias y eritrocitos, siendo objetivos críticos para el daño celular (Véliz, 2018). Los datos de la vitamina C de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano se encuentran en el Anexo 5.

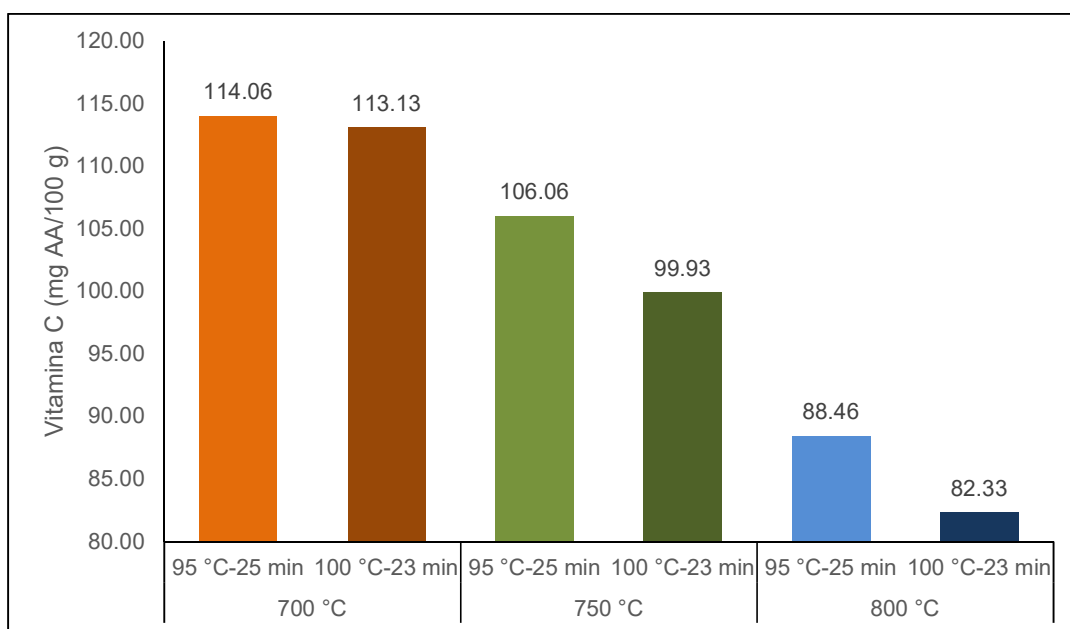


Figura 8. Vitamina C en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Sierra y otros (2016) elaboraron encurtidos de ají tabasco empleando un medio ácido como líquido de cobertura, adicionado en caliente (90 °C) sobre la vitamina C. Emplearon dos métodos, la primera fue mezcla de ácido cítrico (1.5%), láctico (1.0%), ácido ascórbico (0.5%) y acético (5%) y

la segunda fue solo ácido acético al 5%. Los valores de vitamina C fueron de 290.78 y 272.82; respectivamente. Los valores son superiores debido a que los encurtidos son semiconservas y reciben un tratamiento térmico más leve.

Castro y otros (2008) reportaron efecto significativo en la concentración de vitamina C cuando escaldaron pimiento morrón rojo (70, 80 y 98 °C durante 1 y 2.5 min); presentando valores con un comportamiento decreciente de 119, 102, 84, 69, 68 y 55 mg ácido ascórbico/ 100 g; por cada tratamiento. La concentración de vitamina C decreció conforme se elevó la temperatura de igual manera que en esta investigación.

La maduración es el principal atribuible al mayor contenido de compuestos bioactivos, con respecto a la vitamina C, demostrándose que aumenta hasta 30% durante la maduración del pimiento; así mismo, es susceptible a la oxidación química y/o degradación térmica durante los procesos de transformación (cocción, pasteurización, horneado y congelación) y pérdida sobre las características sensoriales (color, sabor y aroma) (Baenas y otros, 2018).

En el Cuadro 13, se presenta la prueba de Levene aplicada a la vitamina C de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. La prueba de Levene determino la existencia de homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 13. Prueba de Levene para la vitamina C (mg AA/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Estadístico de Levene	p
0.729	0.615

En el Cuadro 14, se muestra el análisis de varianza para la vitamina C de la conserva de pimiento piquillo artesano, demostrándose que la temperatura de horneado y el tratamiento térmico presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 14. Análisis de varianza de la vitamina C (mg AA/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Temperatura: A	2434.720	2	1217.360	111.958	0.000
Tratamiento térmico: B	87.120	1	87.120	8.012	0.015
A*B	27.040	2	13.520	1.243	0.323
Error	130.480	12	10.873		
Total	2679.360	17			

En el Cuadro 15, se observa la prueba Duncan aplicada a la vitamina C de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 2, se encuentran varios tratamientos, eligiéndose como los mejores a las muestras de 700 °C de temperatura de horneado y procesos térmicos de 95 °C durante 25 min y 100 °C por 23 min, por presentar los valores más altos con 114.06 y 113.13 mg AA/100 g; respectivamente.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para la vitamina C (mg AA/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Temperatura horneado (°C)	Tratamiento térmico (°C)	Tratamiento térmico (min)	Subgrupo	
			1	2
800	100	23	59.90	
800	95	25		88.46
750	100	23		99.93
750	95	25		106.06
700	100	23		113.13
700	95	25		114.06

#### 4.4. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre el contenido de fenoles en conserva de pimiento piquillo tipo artesano

En la Figura 9, se presenta el contenido de fenoles en conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Se muestra un comportamiento decreciente, a medida que aumentó la temperatura de horneado; mientras que, a mayor temperatura de tratamiento térmico, presentó un ligero aumento. Los datos del contenido de fenoles de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano se encuentran en el Anexo 6.

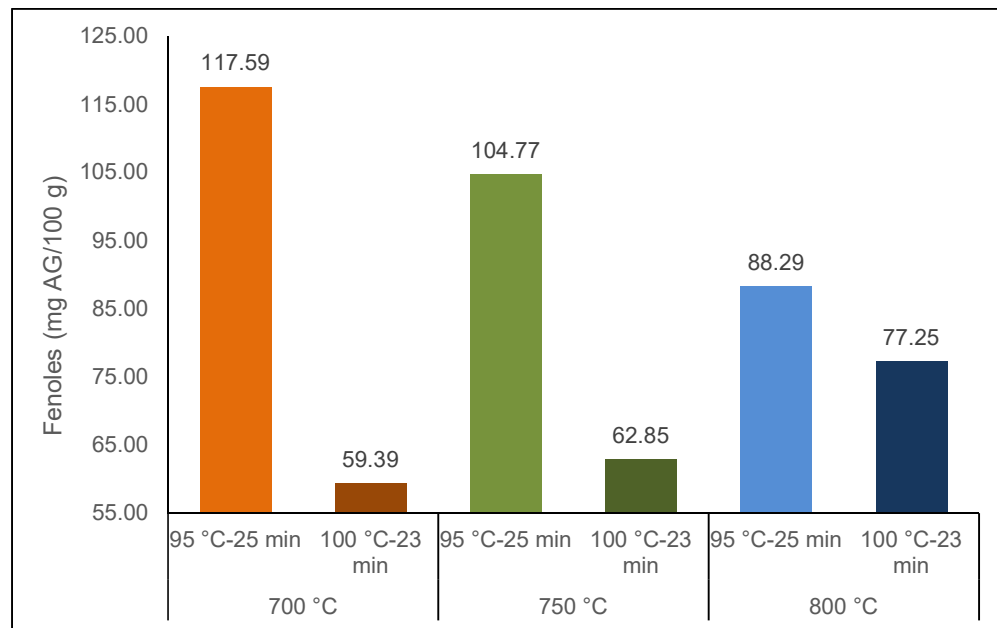


Figura 9. Contenido de fenoles (mg AG/100 g) en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Chipurura y otros (2010) mencionan que estudios del efecto del tratamiento térmico sobre el contenido fenólico en alimentos; se obtienen resultados contradictorios; reportando un aumento en el contenido fenólico en vegetales; mientras que otros reportaban una disminución.



Ornelas-Paz y otros (2010) evaluaron variedades de pimientos cocidos (asados) sobre el contenido de fenoles. Las variedades de pimientos fueron Poblano, Bell, Chilaca, Cribe, Jalapeño y Habanero. El asado se realizó a 210 °C previamente a escaldado a 100 °C durante 2 min. Los resultados oscilaron entre 76.1 y 109.9 mg AG/100 g. Los valores se encuentran ligeramente cercanos y dicha disminución puede atribuir a la disolución de compuestos fenólicos en el agua de cocción.

Pérez-Conesa y otros (2009) mencionan que el contenido de fenoles totales disminuye significativamente durante el tratamiento térmico; sin embargo, puede darse un aumento debido a la formación de productos de la reacción de Maillard, como el hidroximetilfurfural, con estructuras tipo fenólicas. Así mismo, para Boateng y otros (2008) indican que puede deberse a la liberación de ácidos fenólicos ligados a los constituyentes celulares, seguido de alguna polimerización y oxidación, y efectos de aditivos y sinérgicos entre fitoquímicos y fenólicos alterados térmicamente.

En el Cuadro 16, se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores del contenido de fenoles de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. La prueba de Levene determinó la existencia de homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 16. Prueba de Levene para el contenido de fenoles de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Estadístico de Levene	p
0.436	0.815

En el Cuadro 17, se muestra el análisis de varianza para el contenido de fenoles de la conserva de pimiento piquillo artesano, denotándose que la

temperatura de horneado y el tratamiento térmico presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 17. Análisis de varianza del contenido de fenoles (mg AG/100 g) en de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Temperatura: A	111.495	2	55.747	14.886	0.001
Tratamiento térmico: B	6178.273	1	6178.273	1649.698	0.000
A*B	1721.339	2	860.670	229.817	0.000
Error	44.948	12	3.746		
Total	8056.055	17			

En el Cuadro 18, se presenta la prueba Duncan aplicada a los valores del contenido de fenoles de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 6, se presenta la muestra con mayor contenido de fenoles con 117.59 mg AG/100 g correspondiente al tratamiento con temperatura de horneado de 700 °C y proceso térmico de 95 °C durante 25 min, considerándose el mejor.

Cuadro 18. Prueba de Duncan para el contenido de fenoles (mg AG/100 g) en de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Temperatura horneado (°C)	Tratamiento térmico		Subgrupo					
	(°C)	(min)	1	2	3	4	5	6
700	100	23	59.39					
750	100	23		62.85				
800	100	23			77.25			
800	95	25				88.29		
750	95	25					104.77	
700	95	25						117.59

#### 4.5. Efecto de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico sobre la aceptabilidad general en conserva de pimiento piquillo tipo artesano

En la Figura 10, se muestran los promedios de la aceptabilidad general en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Se observa que a medida que aumentó la temperatura de horneado y tratamiento térmico, los valores promedios disminuyeron. La muestra de temperatura de horneado a 700 °C y tratamiento térmico a 95 °C durante 25 min obtuvo mayor promedio con 8.1 puntos. Los panelistas indicaron que a medida aumentó la temperatura de horneado, las muestras cambiaban de color a tonalidades más opacas, así como, olor y sabor ligeramente a ahumado. Los datos de la aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano se encuentran en el Anexo 7

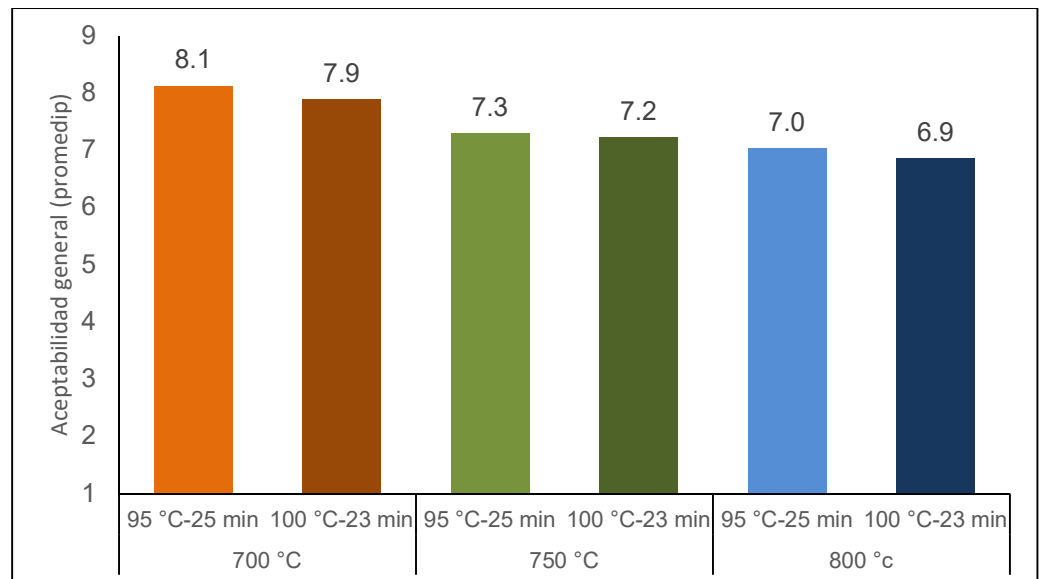


Figura 10. Aceptabilidad general en función de la temperatura de horneado y del tratamiento térmico en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Saldaña (2004) evaluó el tratamiento térmico en corazones de alcachofa, obteniendo mejores resultados sensoriales a 92 °C durante 14 min, obteniendo mayor promedio con 6.0 puntos. Además, los panelistas indicaron que el producto mantenía mejor sus características sensoriales (color y textura), en comparación, del resto de tratamientos.

Miranda (2004) evaluó el efecto de dos temperaturas de asado (700 y 800 °C) sobre la aceptabilidad general de conserva de pimiento piquillo. La evaluación sensorial indicó que a 700 °C se presentaron las mejores características sensoriales (olor, sabor, textura y apariencia) con promedio de 7.5 puntos. Además, los panelistas mencionaron que presentó un color rojo intenso y textura suave.

La coloración roja del pimentón y el contenido de oleoresina son características fundamentales que determinan la calidad del producto. Entre los compuestos carotenoides destacan la capsantina, neoxantina y el  $\beta$ -caroteno (Giuffrida y otros, 2014). Siendo los criterios necesarios en la determinación de la calificación sensorial de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.

En el Cuadro 19, se presenta la prueba de Friedman, que determinó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) de la temperatura de horneado y tratamiento térmico en la aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano. Entre los tratamientos, el que presenta mayor promedio y moda de 8 puntos (equivalente a me agrada mucho) fue la muestra de temperatura de horneado a 700 °C y tratamiento térmico a 95 °C durante 25 min.

En el Cuadro 20, se presenta la prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general, que es usada para obtener información complementaria a la prueba de Friedman, cuando esta resulta significativa, comparándose

todos los tratamientos por pares. La comparación de la muestra de temperatura de horneado a 700 °C y tratamiento térmico a 95 °C durante 25 min frente a los diferentes tratamientos, existió diferencia significativa con excepción de la muestra de temperatura de horneado a 700 °C y tratamiento térmico a 100 °C durante 23 min, pudiéndose considerar a estos como los mejores en la aceptabilidad general.

Cuadro 19. Prueba de Friedman de la aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Temperatura horneado (°C)	Tratamiento térmico		Rango promedio	Moda	Media	Chi-Cuadrado	p
	(°C)	(min)					
700	95	25	4.77	8	8.1	38.549	0.000
700	100	23	4.38	8	7.9		
750	95	25	3.33	8	7.3		
750	100	23	3.18	7	7.2		
800	95	25	2.73	6	7.0		
800	100	23	2.60	7	6.9		

Cuadro 20. Prueba de Wilcoxon de la aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano

Tratamiento		Tratamientos		z	p
Temperatura horneado (°C)	Tratamiento térmico	Temperatura (°C)	Tratamiento térmico (°C)		
700	95 °C x 25 min	700	100 °C x 23 min	-0.973	0.331
		750	95 °C x 25 min	-3.348	0.001
		750	100 °C x 23 min	-3.645	0.000
		800	95 °C x 25 min	-3.789	0.000
		800	100 °C x 23 min	-3.686	0.000

#### IV. CONCLUSIONES

La temperatura de horneado y el tratamiento térmico presentó efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre las características de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), el contenido de vitamina C, contenido de fenoles y la aceptabilidad general; en cuanto a la firmeza, presentó efecto significativo sólo la temperatura de horneado; en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.

El mejor tratamiento fue la temperatura de horneado a  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el proceso térmico a  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 25 min, que permitió obtener las mejores características de color ( $L^*$  de 31.85 y cromaticidad  $b^*$  con 27.49), firmeza de 1.97 N, mayor contenido de vitamina C con 114.06 mg AA/100 g, mayor contenido de fenoles con 117.59 mg AG/100 g y la mayor aceptabilidad general con 8.1 puntos en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.

## V. RECOMENDACIONES

Realizar la caracterización fisicoquímica y nutricional de la materia prima de investigación (pimiento piquillo).

Evaluar la conserva de pimiento piquillo tipo artesano en otros medios ácidos de líquido de gobierno tales como, vinagre de frutas y aceites vegetales alto oleico.

Evaluar el efecto de la temperatura de horneado y tratamiento térmico sobre compuestos antioxidantes tales como carotenos y flavonoides, así como, la actividad antioxidante mediante el método del DPPH, en la conserva de pimiento piquillo tipo artesano.

## VI. REFERENCIAS

Aguilar, O., Ornelas, J., Ruiz, S., Zamudio, P., Cervantes, B., Gardea, A., Pérez, J., Ibarra, V. y Reyes, J. 2015. Effect of ripening and heat processing on the physicochemical and rheological properties of pepper pectins. *Carbohydrate Polymers*, 115:112–121.

Alfaro, A. 2018. Efecto de tecnologías combinadas sobre las características físico-químicas y microbiológicas de encurtidos de pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L.) variedad piquillo durante el tiempo de almacenamiento. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Alvarado, V. 2009. Efecto del almacenamiento sobre el valor nutritivo, calidad higiénica sanitaria y sensorial de la trucha arcoíris procesada. Tesis para obtener el grado de Doctor en Tecnología de Alimentos. Universidad de León. España.

Anzaldúa, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Información sobre análisis sensorial en alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.

Baenas, N., Belovic, M., Ilic, N., Moreno, D. y García-Viguera, C. 2018. Industrial use of pepper derived products technological benefits and biological advantages. *Food Science and Technology*, 25: 11-54.

Bedolla, S., Dueñas, C., Esquivel, I., Favela, T., Guerrero, R., Mendoza, E., Navarrete, A., Olguín, L., Ortiz, J., Pacheco, O., Quiroz, M., Ramírez, A. y Trujillo, M. 2004. Introducción a la tecnología de alimentos. Segunda edición. Editorial Limusa. Ciudad de México, México.



Boateng, J., Verghese, M., Walker, L. y Ogutu, S. 2008. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus spp.* L.). *Food Science and Technology*, 41(9): 1541-1547.

Cachote, C. 2014. Elaboración de conserva de pimiento morrón en aceite de girasol y determinación de sus características fisicoquímicas y antioxidantes por el método DPPH. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Casas, N., Salgado, Y., Moncayo, D. y Cote, S. 2016. Efecto del proceso de malteado en la calidad y estabilidad de una bebida de quinua y mango. *Agroindustrial Science*. Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Casp, A. y Abril, J. 2003. *Procesos de conservación de alimentos*. 2da Edición. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Castro, S., Saraiva, J., Lopes-da-Silva, J., Delgadillo, I., Van Loey, A. Smout, C. y Hendrickx, M. 2008. Effect of thermal blanching and of high-pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 107:1436-1449.

Cheon, H., Shin, J., Park, K., Chung, M. y Kang, D. 2015. Inactivation of foodborne pathogens in powdered red pepper (*Capsicum annuum* L.) using combined UV-C irradiation and mild heat treatment. *Food Control*, 50:441-445.

Chipurura B, Muchuweti M, Manditseraa F. 2010. Effects of thermal treatment on the phenolic content and antioxidant activity of some vegetables. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 2: 93-100.

De Sousa, A. 2006. Efecto del Tratamiento Térmico en la Calidad de Pimientas en Conserva. Curso de post-grado de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.

Egusquiza, M. 2017. Exportación de pimiento piquillo en conserva al Mercado de Estados Unidos. Tesis para obtener el Título Profesional de Licenciado en Administración de Negocios Internacionales. Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú.

Encina, C. 2006. Influencia del descerado y composición del almíbar en la optimización del tratamiento térmico de la conserva de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) para la mayor retención de ácido ascórbico. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú,

Fellows, P. 2007. Tecnología del Procesado de los alimentos. 2da Edición. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.

Fuh-JuinN, K., Yu-Shan, C. y Wen-Dee, C. 2014. Effect of water cooking on antioxidant capacity of carotenoid-rich vegetables in Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22: 202-209.

Galvis, J., Morales, C. y Suarez, N. 2012. Cambios de color y contenido de ácidos durante el almacenamiento de tomate variedad larga vida mínimamente procesado. *Vitae*, 19(1): 111-113.

Giuffrida, D., Dugo, P., Torre, G., Bignardi, C., Cavazza, A., Corradini, C. y Dugo, G. 2014. Evaluation of carotenoid and capsaicinoid contents in powder of red chili peppers during one year of storage. *Food Research International*, 65: 163–170.

Heredia, C. 2014. Evaluación de la calidad nutricional y sensorial en tres formulaciones para obtener bebida nutracéutica a partir de huasai. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Madre de Dios, Perú.

Hung, C. y Yen, C. 2002. Antioxidant activity of phenolic compounds isolated from *Mesona procumbens* Hemsl. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10):2993 -2997.

Lemos, A. y Souza, A. 2012. Elaboración de conservas de pimientos. Informe Agropecuario Belo Horizonte, 33:57-62. Rio de Janeiro, Brasil.

Loizzo, M., Pugliese, A. Bonesi, M., Menichini, F. y Tundis, R. 2015. Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense* a comparison between fresh and processed peppers. *Food Science and Technology*, 64(2):623-631.

Llosa, F. 2017. Estudios de tratamiento térmico en conservas de alimentos de baja acidez utilizando monitores inalámbricos de temperatura. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Martínez, J. y Ordoñez, L. 2015. Efecto del procesamiento térmico sobre el color superficial del pimentón rojo (*Capsicum annuum*) variedad Nataly. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2): 106-113.

Mazzeo, T., Paciulli, E., Chiavaro, A., Visconti, V., Fogliano, T., Ganino y Pellegrini, N. 2015. Impact of the industrial freezing process on selected vegetables. *Food Research International*, 75: 89–97 (2015)

Mendoza, R, y Herrera, A. 2012. Cinética de inactivación de la enzima peroxidasa, color y textura en papa criolla (*Solanum tuberosum*) sometida a tres condiciones de escaldado. Revista Información Tecnológica. 23(4): 73-82 (2012)

Minatel OI, Borges CV, Ferreira MI, Gomez HAG, Chen O, Pace G et al. Phenolic compounds: functional properties, impact of processing and bioavailability. In: Phenolic compounds – biological activity. Mexico: Intech, 2017; 1: 1-24.

Miranda, J. 2004. Efecto de la alimentación, velocidad de rotación y temperatura de asado en un horno tubular sobre el color y textura del pimiento piquillo (*Capsicum annum L.*) en conserva. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L. y Cuadrado, C. 2013. Tablas de composición de alimentos. España, Madrid: 16° Edición. Editorial Pirámide.

Moreno, E., Ortiz, B. y Restrepo, L. 2014. Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. Revista Colombiana Química, 43(3):41-48.

Muñoz, F. 2014. Efecto de la cocción y de la concentración de ají amarillo en el líquido de gobierno sobre las características sensoriales en conservas de recortes de filetes de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en salsa tipo escabeche. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Noor, A., Mokhtar, M., Rafiqul, Z. y Pramod, M. 2012. Understanding color models. Journal of Science and Technology; 2(3):265–275.

Ornelas-Paz, J., Martínez-Burrola, J., Ruiz-Cruz, S., Santana-Rodríguez, V., Ibarra-Junquera, V., Olivas, G. y Pérez-Martínez, J. 2010. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican pepper. *Food Chemistry*, 119:1619-1625.

Osorio, O. 2008. Influencia de tratamientos térmicos en la calidad y estabilidad de alimentos envasados. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Pérez-Conesa, D., García-Alonso, J., García-Valverde, V., Iniesta, M., Jacob, K., Sánchez-Siles, L. y Pariago, M. 2009. Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(2): 179-188.

Quipo, M., Ramírez, M., Rojas, P. y ORDOÑEZ, S. 2013. Cambios en la Vitamina C y el Color durante la Cocción del Pimentón Verde (*Capsicum Annuum* L). *Revista Tecno Lógicas*, 31:141-150.

Reynaga, W. 2014. Estudio del tratamiento térmico de enlatados de pechuga de pollo en trozos y desmenuzado. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

Saldaña, C. 2004. Efecto de dos concentraciones de ácido cítrico, tres temperaturas y tres tiempos de blanqueo sobre el color y textura de los corazones de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) en conserva. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Sánchez, C., Baranda, A. y De Marañón, A. 2014. The effect of high pressure and high temperature processing on carotenoids and chlorophylls content in some vegetables. *Food Chemistry*, 163: 37–45.

Sarungallo, Z., Hariyadi, P., Andarwulan, N., Purnomo, E. y Wada, M. 2015. Analysis of  $\alpha$ -cryptoxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin,  $\alpha$ -carotene, and  $\beta$ -carotene of *Pandanus conoideus* oil by high-performance liquid chromatography (HPLC). *Procedia Food Science*, 3:231-243.

Sharma, S., Mulvaney, S., Rizvi, S. 2003. *Ingeniería de alimentos. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. Primera Edición. Nueva York, Estados Unidos: Limusa.

Sierra, V., Martínez, H. y Vanegas, P. 2016. Evaluation of physicochemical and microbiological parameters of preserved Tabasco chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) during storage. *Agronomía Colombiana*, 34:1084-1087.

Tablas peruanas de composición de alimentos. 2009. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.

Torres, J., Acevedo, D. y Gonzales, K. 2015. Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *Revista Reciteia*, 14(2):64-75.

Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J. y Pérez-Won, M. 2009. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, color and total phenolic content of red pepper. *Food Chemistry*, 117:647-653.

Véliz, E. 2018. Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos durante el procesamiento de esparrago blanco encurtido por método directo. Tesis para obtener el título de Maestro en Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Vereau, L. y Vereau, Y. 2012. Determinación de los parámetros óptimos para la elaboración de conservas de pimiento piquillo soasado. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

vii. **ANEXOS**



Anexo 1. Luminosidad (L\*) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano  
con temperatura de horneado y tratamiento térmico

Repetición	700 °C		750 °C		800 °C	
	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min	95 °C-25 min	100 °C- 23 min	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min
1	31.86	29.40	29.87	27.16	28.34	28.94
	30.26	30.07	29.90	27.89	29.87	29.61
	30.83	28.25	29.33	28.88	29.99	28.03
	31.17	30.90	30.88	27.88	29.88	27.88
	31.86	29.77	30.71	28.88	27.65	27.24
Promedio	31.20	29.68	30.14	28.14	29.15	28.34
2	34.65	29.49	31.22	29.90	28.66	27.26
	32.47	31.29	30.11	29.77	28.97	28.71
	30.80	29.42	30.24	28.77	30.99	28.10
	32.75	30.52	31.77	29.33	29.14	28.35
	34.47	30.87	33.71	28.93	29.90	27.39
Promedio	33.03	30.32	31.41	29.34	29.53	27.96
3	29.99	28.48	33.14	29.78	29.14	27.52
	34.81	28.86	29.87	30.44	28.97	27.92
	29.03	29.34	30.55	27.81	29.11	28.44
	30.51	29.92	30.56	29.82	30.16	26.94
	32.34	30.14	29.70	29.15	29.12	27.88
Promedio	31.34	29.35	30.76	29.40	29.30	27.74
Promedio Final	31.85	29.78	30.77	28.96	29.33	28.01

Anexo 2. Cromaticidad a\* de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano  
con temperatura de horneado y tratamiento térmico

Repetición	700 °C		750 °C		800 °C	
	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min
1	35.90	36.45	33.87	33.48	35.15	36.63
	33.62	35.72	31.44	33.66	32.59	35.75
	32.88	33.13	32.55	33.77	31.36	33.90
	32.30	33.07	31.22	34.88	34.58	36.95
	30.13	32.23	32.01	33.69	36.41	35.47
Promedio	32.97	34.12	32.22	33.90	34.02	35.74
2	32.11	30.44	33.79	34.66	33.28	33.15
	33.37	34.45	33.29	34.88	34.58	35.53
	34.92	35.60	32.55	34.83	33.25	31.47
	29.47	34.24	32.55	32.22	33.25	35.77
	32.80	30.70	33.01	33.66	36.78	36.05
Promedio	32.53	33.09	33.04	34.05	34.23	34.39
3	31.67	32.86	33.11	34.54	35.71	34.34
	30.24	33.04	35.00	34.88	36.54	35.59
	31.14	32.08	31.05	32.33	35.54	33.66
	31.30	33.19	34.14	34.61	34.55	37.12
	32.65	32.64	33.89	34.66	36.51	35.74
Promedio	31.40	32.76	33.44	34.20	35.77	35.29
Promedio Final	32.30	33.32	32.90	34.05	34.67	35.14

Anexo 3. Cromaticidad b\* de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano  
con temperatura de horneado y tratamiento térmico

Repetición	700 °C		750 °C		800 °C	
	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min
1	26.88	23.66	26.13	23.15	18.63	18.33
	27.49	25.44	25.57	25.75	19.52	15.88
	27.12	26.88	26.47	24.32	18.07	17.64
	29.34	25.33	25.89	24.14	19.53	16.99
	24.99	24.78	25.13	21.23	17.87	17.58
Promedio	27.16	25.22	25.84	23.72	18.72	17.28
2	27.11	25.66	22.89	21.07	20.73	19.88
	27.66	24.43	24.80	23.31	18.10	16.88
	28.14	26.88	25.10	21.69	19.72	16.97
	28.77	24.89	23.81	22.31	18.75	16.14
	26.87	24.55	24.30	22.13	17.71	15.66
Promedio	27.71	25.28	24.18	22.10	19.00	17.11
3	29.88	25.54	21.34	23.46	17.06	18.99
	27.08	27.33	22.92	19.91	18.27	17.90
	28.88	25.58	24.20	24.11	20.04	19.80
	27.01	26.44	23.75	22.04	18.36	19.60
	27.15	27.07	23.49	24.18	19.86	19.77
Promedio	27.60	25.59	24.46	22.86	18.82	17.79
Promedio Final	27.49	25.36	24.83	22.89	18.85	17.39

Anexo 4. Firmeza (N) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico

Repetición	700 °C		750 °C		800 °C	
	95 °C-25 min	100 °C-23 min	95 °C-25 min	100 °C-23 min	95 °C-25 min	100 °C-23 min
1	1.25	1.15	2.26	2.02	1.59	1.50
2	1.36	1.04	2.15	2.06	1.69	1.61
3	1.41	1.38	1.88	1.83	1.71	1.64
Promedio	1.34	1.19	2.10	1.97	1.66	1.59

Anexo 5 Contenido de vitamina C (mg AA/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico

Repetición	700 °C		750 °C		800 °C	
	95 °C-25 min	100 °C-23 min	95 °C-25 min	100 °C-23 min	95 °C-25 min	100 °C-23 min
1	114.26	109.66	111.06	104.26	88.06	82.86
2	116.06	113.86	101.26	97.46	86.86	79.06
3	111.86	115.86	105.86	98.06	90.46	85.06
Promedio	114.06	113.13	106.06	99.93	88.46	82.33

Anexo 6. Contenido de fenoles (mg AG/100 g) de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico

Repetición	700 °C		750 °C		800 °C	
	95 °C-25 min	100 °C-23 min	95 °C-25 min	100 °C-23 min	95 °C-25 min	100 °C-23 min
1	116.880	60.409	103.449	61.630	86.966	74.756
2	115.659	59.799	106.807	61.935	87.424	77.961
3	120.238	57.967	104.060	64.988	90.476	79.029
Promedio	117.59	59.39	104.77	62.85	88.29	77.25

Anexo 7. Calificaciones de la aceptabilidad general de la conserva de pimiento piquillo tipo artesano con temperatura de horneado y tratamiento térmico

Panelistas	700 °C		750 °C		800 °C	
	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min	95 °C- 25 min	100 °C- 23 min
1	8	9	9	7	8	9
2	9	9	8	8	8	7
3	8	7	8	7	7	6
4	6	9	7	7	6	8
5	8	7	6	6	5	8
6	8	9	8	6	8	9
7	8	9	7	9	6	7
8	9	8	8	7	7	8
9	8	8	7	8	7	7
10	8	8	6	8	6	7
11	9	8	8	9	9	8
12	8	8	7	6	7	5
13	9	8	6	5	9	5
14	9	9	8	8	8	8
15	7	8	7	6	6	8
16	8	6	7	7	9	4
17	8	8	6	7	6	5
18	9	9	8	7	7	8
19	8	9	7	8	7	6
20	7	6	8	7	8	5
21	9	8	6	8	6	8
22	8	7	7	7	8	7
23	9	5	8	7	8	7
24	8	7	7	8	5	7
25	7	8	8	7	6	6
26	8	7	7	8	6	5
27	7	9	8	7	7	7
28	9	7	7	7	6	6
29	9	9	7	8	7	8
30	8	8	8	7	8	7
Promedio	8.1	7.9	7.3	7.2	7.0	6.9
Moda	8	8	8	7	6	7



Nombre de archivo: TESIS FINAL-CORRECCION - BERMUDEZ LAVADO  
MELISSA  
Directorio: C:\Users\USUARIO\Desktop  
Plantilla: C:\Users\USUARIO\AppData\Roaming\Microsoft\Plantillas\  
Normal.dotm  
Título:  
Asunto:  
Autor: Carlina T  
Palabras clave:  
Comentarios:  
Fecha de creación: 9/13/2021 8:22:00 PM  
Cambio número: 49  
Guardado el: 11/29/2021 10:51:00 PM  
Guardado por: Melissa Bermudez  
Tiempo de edición: 556 minutos  
Impreso el: 11/29/2021 10:53:00 PM  
Última impresión completa  
Número de páginas: 78  
Número de palabras: 14,287 (aprox.)  
Número de caracteres: 81,436 (aprox.)